

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Escola de Ciências Humanas e Sociais

Departamento de Educação e Psicologia

Dissertação para Obtenção de Grau de Doutor em Ciências da Educação



OS CAMPOS CONCEPTUAIS E A APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS:

UM ESTUDO COM ALUNOS DO ENSINO SECUNDÁRIO

SANDRA MARIA ESCALEIRA BORGES DE OLIVEIRA

Vila Real, 2015

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Escola de Ciências Humanas e Sociais

Departamento de Educação e Psicologia

Dissertação para Obtenção de Grau de Doutor em Ciências da Educação



**OS CAMPOS CONCEPTUAIS E A APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS:
UM ESTUDO COM ALUNOS DO ENSINO SECUNDÁRIO**

Orientadora: Professora Doutora Isilda Teixeira Rodrigues,

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Coorientadora: Professora Doutora Clara Vasconcelos,

Universidade do Porto

Vila Real, 2015

Projeto de Tese apresentado por Sandra Maria Escaleira Borges de Oliveira à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para a obtenção do grau de Doutor em Ciências da Educação, sob a orientação da Professora Doutora Isilda Teixeira Rodrigues, Professora Auxiliar da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro e coorientação da Professora doutora Clara Vasconcelos, Professora Auxiliar Agregada da Universidade do Porto.

“As raízes de Ciência não são fáceis de encontrar na senda do querer saber, mas, com grande paciência, quem com elas sempre sonhar e tenha vontade de trabalhar, um dia as virá a conhecer.”

Arlindo Sequeira.

DEDICATÓRIA

À Barbara, à Maria e à Inês

AGRADECIMENTOS

Após a conclusão deste trabalho gostaria de expressar palavras de agradecimento àqueles que com o seu contributo o tornaram possível.

Gostaria de expressar em primeiro lugar um agradecimento muito especial à minha orientadora, Professora Doutora Isilda Teixeira Rodrigues, pela sua preciosa colaboração e apoio permanente na supervisão deste trabalho. Agradeço também a compreensão e paciência que sempre revelou, contribuindo para a concretização do mesmo.

À minha coorientadora, Professora Doutora Maria Clara Vasconcelos, agradeço a leitura atenta e as recomendações sugeridas.

Ao Professor Doutor Jesus Mariano Merino de la Fuente, um agradecimento muito particular, pelo contributo especial que deu a este trabalho tornando possível a sua conclusão e pela sua amizade.

Aos meus colegas, pela troca de informações e experiências, por todo o ânimo e companheirismo.

Aos meus pais pelo apoio imprescindível, pelo encorajamento e estímulo nos momentos de desalento.

Ao meu marido pela constante compreensão nos momentos em que não lhe prestei atenção e por toda a ajuda.

RESUMO

O novo paradigma educativo centrado na aprendizagem do aluno como objeto principal é coerente com os resultados emanados de diversas investigações em Educação para as Ciências, que demonstram a importância de conhecer os diversos processos através dos quais, os alunos aprendem conceitos científicos e constroem o seu próprio conhecimento. A Teoria dos Campos Conceptuais de Gerard Vergnaud, que serve de base a este estudo, supõe que o centro de desenvolvimento cognitivo é a conceptualização, sendo que como teoria, é especialmente idónea para indagar e compreender os processos cognitivos de aprendizagem significativa de conceitos complexos, como são os científicos. O principal objetivo da nossa investigação foi o de estudar como se articula o pensamento dos alunos, enfatizando-se determinadas tarefas de aprendizagem pertencentes ao campo conceptual da Mecânica Newtoniana e desta maneira definir e caracterizar os respetivos invariantes operatórios e suas correlações.

Palavras – chave: a aprendizagem dos conceitos em Física, aprendizagem significativa, Teoria dos Campos Conceptuais de Gerard Vergnaud, esquema mental, invariantes operatórios.

Abstract

The new educational paradigm, which focusses on student's learning, is far coherent with the results presented in countless educational studies in the sciences field. These studies show the relevance of knowing the different ways through which students learn scientific concepts and build their own knowledge. The Theory of Conceptual Fields of Gerard Vergnaud, that highly influenced our study, claims that the cognitive development is conceptualization. As a theory, based on impartial premises, it is fully prepared to analyze and understand the cognitive processes of the significant learning of complex concepts, as the scientific ones. The main goal of our investigation was to analyze how students' thoughts are assembled, emphasizing and highlighting particular learning tasks that belong to the conceptual field of the Newtonian Mechanic and, thus, define and characterize the related invariant operations and its correlations.

Keywords: learning concepts in Physics, significant learning, Conceptual Fields Theory (Vergnaud), mental scheme, operational invariants.

Índice Geral

RESUMO	vii
Índice de Gráficos.....	xiv
Índice de Tabelas	xvi
CAPÍTULO I - PROBLEMÁTICA.....	1
1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização Geral da Investigação.....	1
1.1.1. A Escola - Alicerce de Aprendizagem.....	2
1.1.2. O Ensino das Ciências	3
1.1.3. Perspetivas de Ensino das Ciências	4
1.1.5 As Ciências no Ensino Secundário.....	7
1.1.6. Novas Propostas para o Ensino das Ciências.....	8
1.1.7. A Aprendizagem Centrada no Aluno.....	18
1.1.8. O Ensino e a Aprendizagem da Física	22
1.2. Identificação do problema de investigação	24
1.3. Objetivos Gerais do Estudo	25
1.4. Objetivos Específicos do Estudo	26
1.5. Relevância do trabalho	27
1.6. Plano geral da tese	28
CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA.....	29
1.1 Psicologia Cognitiva – Características Fundamentais.....	30
1.1.1 A Psicologia Cognitiva vs. Behaviorismo	31
2.1 O Construtivismo e as Teorias Cognitivas de Aprendizagem.....	35
2.2. As Teorias Cognitivas da Aprendizagem Significativa.....	36
2.3. A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.....	38
2.3.1 Condições Essenciais à Aprendizagem Significativa.....	45

2.3.2 Como ocorre a Aprendizagem Significativa	48
2.4. Novas Contribuições à Teoria da Aprendizagem Significativa	50
2.5. Teoria do Desenvolvimento Cognitivo de Jean Piaget.....	53
2.5.1. Maturação, Atividade e Experiências Sociais	53
2.5.2. Organização e Adaptação	54
2.6. A Teoria da Mediação de Lev Vygotsky.....	57
2.6.1. Meio Social.....	57
2.6.2. Conceito de Mediação	58
2.6.3. Interação Social e Aquisição de Significados.....	59
2.6.4. Conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal	62
2.7. A Importância da Mediação no Ensino – Outras Abordagens	64
2.8. A Aprendizagem de Conceitos	67
2.8.1. Definição de Conceitos Científicos	67
2.8.2. A Aprendizagem dos Conceitos Físicos	69
2.8.3. A Importância dos Contextos	70
2.8.4. O conceito de situação formativa	71
2.8.5. A interatividade no ensino	73
2.9. Teoria dos Campos Conceptuais de Gérard Vergnaud.....	74
2.9.1. Comparando Vergnaud a Piaget e Vygotsky.....	74
2.9.2. O Campo Conceptual.....	80
2.9.3. Definição de Conceitos.....	81
2.9.4. Noção de Esquema	82
2.9.5. A Importância da Teoria de Vergnaud no Ensino	84
CAPÍTULO III - METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO	87
3. Introdução.....	87
3.1. Investigação-Ação	87
3.1.1. Modalidades e Modelos de Investigação-Ação	90

3.1.2.	Enfoques da Investigação Qualitativa.....	91
3.1.3.	Credibilidade da Investigação Qualitativa	92
3.2.	Caracterização da Amostra.....	93
3.2.1.	Amostra.....	93
3.3.	Técnicas de recolha de dados	94
3.3.1.	Observação.....	95
3.3.2.	Testes	97
3.3.3.	Inquérito por Entrevista	97
3.4.	A Teoria dos Campos Conceptuais e os Conceitos da Mecânica Newtoniana.....	100
3.4.2.	A Linguagem Algébrica.....	104
3.4.3.	Medida e Cálculo de forças.....	105
3.4.4.	Interpretação, representação e tratamento da informação.....	107
3.4.5.	Planificação e Realização de trabalhos	109
3.5.	Conteúdos dos Instrumentos de Recolha de Dados.....	109
3.6.	Tratamento de Dados.....	111
3.6.1.	Obstáculos Derivados do Meio Escolar	113
3.6.2.	Reduccionismo explicativo.....	113
3.6.3.	Reduccionismo mecanicista	114
3.6.4.	Obstáculos Intelectuais	114
3.6.5.	Obstáculos dos Modos de Pensar e das Regras Heurísticas do Senso Comum.....	116
3.7.	Síntese dos momentos da investigação.....	120
3.8.	Limitações do estudo	121
CAPÍTULO IV - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....		123
4.1.	Momento 1 – Teste de Associação de Conhecimentos (TAC).....	123
4.1.1.	Resultados do Teste de Associação de Conhecimentos.....	125

4.1.2.	Análise Geral dos Resultados do TAC	156
4.2.	Momento 2 – Situações-problemáticas.....	157
4.2.2	Análise Geral dos Resultados da primeira atividade proposta	163
4.2.3	Apresentação e Análise dos Resultados das Situações-Problemáticas (Parte2).....	167
	Momento 3 – Entrevista	184
4.2.1.	Apresentação dos Resultados.....	184
4.2.2	Análise dos obstáculos à aprendizagem com a entrevista	192
4.1.3.	Análise Geral dos Resultados do Inquérito por Entrevista	199
4.4	Considerações finais sobre os principais resultados obtidos nos três estudos...	200
4.5.	Sugestões para futuras investigações.....	204
	Capítulo V – Conclusões	205
5.	Introdução.....	205
5.1.	Considerações Finais	205
	Referências Bibliográficas.....	209
	Anexo I - Caraterização Geral da Amostra	234
	Anexo II - Correção Teste de Associação de Conhecimentos (TAC).....	242
	Anexo III - Descrição das Tarefas e Situações físicas.....	251
	Anexo IV – Transcrição das Atividades.....	283
	Anexo V- Tabelas da ordem de raciocínio das atividades do momento 2 parte 1.....	277
	Anexo VI – Resposta dos alunos às Situações- Problema.....	293
	Anexo VII- Tabela de Tarefas para cada Situação- Problema	284
	Anexo VIII- Tabelas da ordem de raciocínio das atividades do momento 2 parte 2....	289
	Anexo IX- Transcrição da Entrevista.....	293
	Anexo X- Tabela referente à análise das respostas elaboradas pelos alunos na atividade entrevista.....	299

Índice de Figuras

Figura A - Invariantes Operatórios	23
Figura B - Esquemas Mentais.....	23
Figura C - Aprendizagem por recepção e descoberta encontram-se num <i>continuum</i> distinto entre aprendizagem mecânica e significativa. Quer o ensino se dê por recepção ou por descoberta, ambos podem levar à aprendizagem mecânica ou significativa (Joseph D. Novak, <i>Aprender, criar e utilizar o conhecimento</i> , 1998)	42
Figura D - O <i>continuum</i> da aprendizagem mecânica - aprendizagem significativa (Joseph D. Novak, <i>Aprender, criar e utilizar o conhecimento</i> , 1998)	43
Figura E - Mapa conceptual (modificado) com os cinco elementos de Novak (1998) ..	48
Figura F - Processo de Assimilação	49
Figura G - Conceito de situação Formativa (Lopes 2004,166).....	72
Figura H - Mapa de Conceitos para a Teoria dos campos conceptuais de Vergraud (M.A. Moreira, 2002,88).....	86
Figura I - Terrenos e passos da investigação - ação (adaptada de Elliott (1994, 24)).....	89
Figura J - Espiral de ciclos da IA (Coutinho et al., 2009,366).....	91

Índice de Gráficos

Gráfico I - Resultados da questão 1	125
Gráfico II - Resultados da questão 2.1	126
Gráfico III - Resultados da questão 2.2.....	127
Gráfico IV - Resultados da questão 3.....	128
Gráfico V - Resultados da questão 4.1.1.....	129
Gráfico VI - Respostas da questão 4.1.2.....	129
Gráfico VII - Resultados da questão 4.1.3.....	130
Gráfico VIII - Resultados da questão 4.2.1.....	131
Gráfico IX - Respostas da questão 4.2.2.....	132
Gráfico X - Respostas da questão 4.2.3.....	132
Gráfico XI - Respostas da questão 4.3.1.....	133
Gráfico XII - Resultados da questão 4.3.2.....	134
Gráfico XIII - Resultados da questão 4.3.3.....	134
Gráfico XIV - Resultados da questão 5.1.....	135
Gráfico XV - Resultados da questão 5.2.....	136
Gráfico XVI - Resultados da questão 5.3.....	136
Gráfico XVII - Resultados da questão 6.....	137
Gráfico XVIII - Resultados da questão 7.1.....	138
Gráfico XIX - Resultados da questão 7.2.....	138
Gráfico XX - Resultados da questão 7.3.....	130
Gráfico XXI - Resultados da questão 8.1.....	140
Gráfico XXII - Respostas da questão 8.2.....	141
Gráfico XXIII - Respostas da questão 8.3.....	142
Gráfico XXIV - Respostas da questão 8.4.....	142
Gráfico XXV - Resultados da questão 8.5.....	143
Gráfico XXVI - Níveis de concetualização atingidos em cada questão do T.A.C.....	155
Gráfico XXVII - Ordem de raciocínio na atividade 1.....	158
Gráfico XXVIII - Ordem de raciocínio na atividade 2.....	159
Gráfico XXIX - Ordem de raciocínio na atividade 3.....	160
Gráfico XXX - Ordem de raciocínio na atividade 4.....	161
Gráfico XXXI - Ordem de raciocínio na atividade 5.....	162

Gráfico XXXII - Ordem de raciocínio na atividade 6.....	163
Gráfico XXXIII - Ordem de raciocínio na atividade 1.....	170
Gráfico XXXIV - Ordem de raciocínio na atividade 2 1º Situação Física.....	171
Gráfico XXXV - Ordem de raciocínio na atividade 2 2º Situação Física.....	171
Gráfico XXXVI - Ordem de raciocínio na atividade 2 3º Situação Física.....	171
Gráfico XXXVII - Percentagem de alunos para cada nível de concetualização no relacionamento dos conteúdos matemáticos com os conteúdos físicos.....	180
Gráfico XXXVIII - Análise da ordem de raciocínio nas atividades entrevista.....	185
Gráfico XXXIX- Tipos de obstáculos revelados pelos alunos na Entrevista.....	198

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Conteúdos das situações e representações simbólicas e ilustrações do ESTUDO 2	110
Tabela 2 - Conteúdos das situações, representações simbólicas e ilustrações do ESTUDO 3	110
Tabela 3 - Níveis de conceptualização dos ESTUDOS 2 e 3 (Situações-Problema e Entrevista).....	112
Tabela 4 - Descrição dos momentos, instrumentos, recolha de dados e resultados obtidos no estudo.....	120
Tabela 5 - Taxonomia dos conceitos newtonianos do Teste De Associação de Conhecimentos.....	124
Tabela 6 – Conhecimentos-em-ação (CEA) e teoremas-em-ação (TEA).	144
Tabela 7 – Registo da percentagem de alunos para cada nível de concetualização.	153
Tabela 8 - Conceitos-em-ação (CEA) e teoremas-em-ação (TEA), identificados pelos alunos, perante as situações-problema, propostas nas atividades.....	165
Tabela 9 - Registo da percentagem de alunos para cada tarefa.....	168
Tabela 10 - Resultados dos alunos nas atividades.....	169
Tabela 11 - Categorias de análise das respostas dos alunos.....	172
Tabela 12 - Categorias das respostas na Situação Física II.....	175
Tabela 13 - Categorias das respostas na Situação Física III.....	176
Tabela 14 - Registo da percentagem de alunos para cada nível de conceptualização, no relacionamento dos conteúdos matemáticos com os conteúdos físicos.....	179
Tabela 15 - Conceitos e teoremas-em-ação para cada situação física.....	181
Tabela 16 - Conceitos-em-ação (CEA) e teoremas-em-ação (TEA).....	187
Tabela 17 - Registo da percentagem de alunos para cada nível de conceptualização no relacionamento dos conteúdos matemáticos com os conteúdos físicos.....	191
Tabela 18 - Obstáculos derivados do meio-escolar.....	193
Tabela 19 - Obstáculos derivados dos modos espontâneos de pensar.....	194
Tabela 20 - Obstáculos derivados dos modos de pensar e das regras heurísticas do senso comum.....	196

CAPÍTULO I - PROBLEMÁTICA

1. Introdução

O primeiro capítulo tem como objetivo contextualizar e apresentar a investigação desenvolvida. Começamos por abordar o papel da escola enquanto instituição fundamental na educação, caracterizando o ensino das ciências no ensino básico e apresentando um conjunto de diferentes perspetivas sobre a aprendizagem nesta área. No final do capítulo é apresentado o problema da investigação, definem-se os objetivos e explica-se a relevância e contributos desta tese. Finalizamos com a estrutura geral da tese que descreve, resumidamente, o assunto abordado em cada capítulo.

1.1. Contextualização Geral da Investigação

A generalidade dos alunos tem grandes dificuldades na compreensão dos fenómenos da Física. O elevado número de reprovações à disciplina, nos diferentes níveis de ensino e em vários países, comprova a grande dificuldade que os alunos apresentam na aprendizagem desta ciência. Relativamente aos alunos que conseguem bons resultados, estes são vistos como uma pequena elite, o que faz pensar que a Física não seja para todos. Pode a Física ser para todos os alunos? De que forma pode a Física ser para todos os alunos?

As causas deste problema não estão devidamente esclarecidas, e por isso, as soluções também não o estão. Entre as várias razões elencadas com o fito de explicar o insucesso na aprendizagem em Física, destacam-se, no que aos professores diz respeito, «métodos de ensino desajustados das teorias de aprendizagem mais recentes, enquanto aos alunos são apontados desenvolvimentos cognitivos insuficientes» (Piaget *et al.*, 1959, 147), deficiente preparação matemática (a Matemática é a linguagem da Física) e a existência de modelos conceptuais relacionados com o senso comum (Champagne *et al.*, 1980). Devemos ainda acrescentar, especialmente no ensino básico e secundário, a existência de alunos que não têm a mínima vocação e interesse pela disciplina. Posto de outro modo, não conseguem perspetivar, quer na sua vida escolar quer na sua vida

diária, quaisquer sentido prático e operativo da sua funcionalidade. Para este vasto número de alunos, o sucesso escolar será algo pouco passível de ser alcançado.

Sem dúvida que a necessidade imperiosa de formar cidadãos alfabetizados cientificamente requer que o ensino das Ciências passe a ser encarado de forma diferente da tradicional e que a relação pedagógica e a metodologia de ensino e de aprendizagem sejam mais centradas no aluno (Acevedo Diaz, 2004; Cachapuz *et al.*, 2001; De Pro Bueno e Ezquerria Martinez, 2005; O' Neill e Polman, 2004;).

Nesta linha, o novo paradigma educativo centrado na aprendizagem do aluno como objeto principal é coerente com os resultados de diversas investigações em Educação em Ciências, que demonstram a importância de conhecer os diversos processos através dos quais, os alunos aprendem conceitos científicos e constroem o seu próprio conhecimento. A Teoria dos Campos Conceptuais de Gérard Vergnaud, que serve de base a este estudo, pressupõe que o centro de desenvolvimento cognitivo é a conceptualização, que como teoria, é especialmente idónea para indagar e compreender os processos cognitivos de aprendizagem significativa de conceitos complexos, como são os científicos.

Neste enquadramento, procurar-se-á desenvolver e explorar estas ideias, focando alguns aspetos que consideramos indissociáveis e pertinentes para o nosso estudo, apresentados a seguir.

1.1.1. A Escola - Alicerce de Aprendizagem

A escola é um lugar socialmente instituído onde se concretiza o direito à educação. O termo educação é relativamente recente e deriva do latim *educare*. Tem origem dupla: «alimentar/tirar para fora de...», «conduzir para...». Na raiz da palavra encontram-se as duas tendências seculares da educação: a preocupação em «alimentar o aluno de conhecimentos ou, então, em desenvolver todas as suas potencialidades» (Teodoro, 1993 citado por Fonseca, 1999).

O *alimentar o aluno*, isoladamente, significa a transmissão de conhecimentos do professor para o aluno, atividade grandemente redutora pois pressupõe e perspetiva o aluno como mero recetáculo final de informação, remetendo o papel da educação a uma singela função instrumental de transmissão do conhecimento. Nesta senda, a competência¹ educativa, no sentido mais lato do termo, vertida na frase: o *desenvolver*

de todas as suas potencialidades - torna-se fundamental na educação. Neste contexto, o principal objetivo é o desenvolvimento global da personalidade do aluno, tal como é afirmado no Cap. 1.º, art.º 2.º, ponto 5, da *Lei de Bases do Sistema Educativo*:

«A educação promove o desenvolvimento do espírito democrático e pluralista, respeitador dos outros e das suas ideias, aberto ao diálogo e à livre troca de opiniões, formando cidadãos capazes de julgarem com espírito crítico e criativo o meio social em que se integram e de se empenharem na sua transformação progressiva.» (Lei de Bases do Sistema Educativo, 2005, 3068)

Num mundo em rápida e constante mutação como o atual, em que os conhecimentos são substituídos por outros rapidamente e o meio social envolvente dos alunos está também em constantes transformações, a escola e a educação devem abranger um campo de atuação muito vasto uma vez que se influenciam indelevelmente. Assim acreditamos que «o papel fundamental da escola já não é o de preparar uma pequena elite para estudos superiores e proporcionar à grande massa os requisitos mínimos para uma inserção rápida no mercado de trabalho» (Ponte, 1997, 1).

A partir do momento em que o saber se tornou aberto, instável e reorganizável, a escola tem como papel preparar, na totalidade, os jovens para a sociedade. Tem de fomentar, entre outras valências menores, o poder de reflexão e de crítica, a flexibilidade de raciocínio, a adaptação a novas situações, a capacidade de argumentação, de interação e cooperação.

A aprendizagem escolar passa, assim, pelo aprender melhor ao invés de aprender mais, sendo o novo papel da escola o de *«promover a aquisição de saberes e competências chave e de auxiliar a estruturar a grande diversidade de vivências exteriores em torno desses saberes e competências chave.»* (Figueiredo, 1998, 2)

1.1.2. O Ensino das Ciências

O ensino das Ciências é caracterizado, por um lado, por aquilo que se entende como escola e a educação em geral e, por outro, pelo que se compreende como sendo a

¹ O corpus linguístico tal como todos os outros saberes sofre, não raro, adaptações e ajustamentos para cumprir, da melhor forma, o seu pendor simbólico e de significado. O termo competência veio substituir o vocábulo “objetivo”, anteriormente usado na nomenclatura educativa. A nosso ver, *à priori*, parece abarcar uma maior dimensão pois sintetiza, na sua etimologia, vários conceitos ideológicos: o de saber e o de saber fazer. Num mundo cada vez mais permeável às especificidades e à esfera de influência da cultura anglo saxónica, este termo derivará do lexema: competence.

Ciência e o seu papel na sociedade. Conjugando estes dois pontos definem-se as finalidades do ensino das Ciências:

- ✓ Promover a construção e o aprofundamento do conhecimento científico para o desenvolvimento de competências que permitam o exercício da reflexão e crítica;
- ✓ Promover o valor da Ciência enquanto processo, corpo de conhecimentos, forma de compreensão da realidade e atividade humana; reconhecer a relevância da Ciência nos dias de hoje, na qualidade de vida e na organização das sociedades.

A Didática das Ciências (ou Educação em ciências, se optarmos pela terminologia anglo-saxónica) permite a construção de uma literacia científica no que toca alunos, pois as suas finalidades convergem na própria definição de literacia científica que assenta em três dimensões: processos, conteúdos e contextos. A promoção adequada do Ensino das Ciências deverá contribuir para um aumento dessa literacia científica permitindo a aplicação desse conhecimento em situações do mundo real, mesmo que estas se diferenciem das aprendidas em situações escolares. Deverá também ter-se em conta diversos parâmetros cuja análise nos permitirá saber o estado do ensino das Ciências, estágio basilar e ponto de partida para a (re) definição de estratégias que promovam um ensino adequado.

1.1.3. Perspetivas de Ensino das Ciências

O desenvolvimento do ensino das Ciências é influenciado, de uma forma mais ou menos implícita, por uma visão epistemológica e pela psicologia de aprendizagem vigentes, que fundamentam a adoção de determinadas estratégias em detrimento de outras, ao longo dos anos.

A perspetiva de Ensino Por Transmissão (EPT) radica numa visão behaviorista da aprendizagem, sustentando o pressuposto epistemológico (empirismo) de que os conhecimentos existem fora de nós e que para os aprender, é suficiente escutar com atenção. O conhecimento é visto como sendo cumulativo, absoluto e linear. É uma didática repetitiva, incidindo primariamente na memorização, visando-se uma

transmissão absoluta do conhecimento. De acordo com esta abordagem os conteúdos seriam armazenados sequencialmente e de forma compartimentada. A multiplicação de anomalias com a introdução de quadros interpretativos provenientes de outras disciplinas e a tentativa de implementação de modelos pedagógicos intuitivos contribuíram, mutuamente, para a recusa unânime, a nível teórico, desta perspectiva (Lucas e Vasconcelos, 2005).

Prosseguindo a nossa análise periodal e diacrónica desta didática, de salientar que, por volta dos anos 70, se impõe a abordagem educativa apelidada de Ensino Por Descoberta (EPD), marcada, grosso modo, a nível epistemológico e psicológico por perspectivas empiristas/indutivistas e behavioristas, respetivamente. Defende-se, aqui, o princípio de que, a partir da observação dos factos dados ou obtidos, o aluno pode partir à descoberta do conteúdo científico. O professor desenvolve as suas estratégias definindo um único caminho possível para a descoberta pelos alunos. A avaliação deste modelo pedagógico, bem como dos seus fundamentos epistemológicos, na década de 80, em conjunto com a tentativa de introdução de outros quadros teóricos de referência, levam à adoção de outro modelo de ensino (Lucas e Vasconcelos, 2005).

A perspectiva de Ensino por Mudança Conceptual (EMC), com raízes epistemológicas racionalistas e perspectiva de aprendizagem construtivista, valoriza as conceções alternativas (CA) dos alunos relativas a conceitos científicos. As estratégias usadas são a captação das conceções alternativas dos alunos e a troca conceptual desses conhecimentos pelos conhecimentos científicos. Todavia esta perspectiva metodológica evidenciou fragilidades pois tende à sobrevalorização dos conceitos e domínios metodológicos para lidar exclusivamente com conceitos. A falta de acompanhamento dos professores relativamente às questões principais do paradigma de EMC levou ao enfraquecimento desta perspectiva de ensino (Cachapuz, 2000).

No final da década de 90, surge a perspectiva de ensino das Ciências vigente atualmente, designada por Ensino Por Pesquisa (EPP). É uma perspectiva que tem fundamentação teórica no pós-positivismo e na aprendizagem cognitivista colocando ênfase na inter-relação entre saberes do aluno e saberes da Ciência. Não excluindo a mudança concetual, o EPP reorienta essa mudança, para que os alunos desenvolvam competências usando o conhecimento (saber - em - ação), estando também implícitos os valores e as atitudes. Segundo Cachapuz (2000), o EPP coloca os conteúdos ao serviço da educação em/para a Ciência e não unicamente com fins de ensino *tout court*. Assim,

na sala de aula, deve-se partir de questões - problema que refletem situações - problema do quotidiano. O mais importante nesta perspectiva é o caminho percorrido na resolução do problema. Existe, desta forma, uma inter/transdisciplinaridade, uma vez que a meta CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), que se enquadra também nesta perspectiva, pretende formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados, capazes de tomar decisões, desenvolver ações responsáveis, alcançar pensamento crítico e independência intelectual. A nível internacional esta perspectiva assemelha-se ao Ensino Orientado para a Investigação, denominado Inquiry Based Teaching (National Reserch Council, 2008). Esta perspectiva reforça a necessidade do questionamento e da Investigação, no ensino das ciências a partir de problemas quotidianos e do desenvolvimento da literacia científica, espelhando-se sempre os métodos científicos e a natureza da ciência (Vasconcelos e Almeida, 2012).

1.1.4. Ensino Mecanicista em Ciências

Ao pretender apresentar uma panorâmica sobre as tendências atuais no ensino das Ciências, torna-se imperativo fazer referência acerca do que tem sido o ensino desta disciplina nas últimas décadas e do seu efeito na aprendizagem dos alunos.

Durante anos, o ensino das Ciências nos diferentes níveis de escolaridade esteve centrado na memorização de conteúdos (factos e leis), na realização de atividades por mecanização e na aplicação de regras à resolução de questões (Costa, 1999). Esta visão mecanicista entendia as Ciências como um corpo organizado de conhecimentos e regras a aprender e a aplicar, sem qualquer ligação com a realidade (Domingos, Neves & Galhardo, 1987). Este ensino balizava-se pelo domínio dos objetivos cognitivos de nível mais baixo, consistindo na aquisição de factos e leis e de regras de resolução de exercícios tipo. Isto conduzia o aluno à aquisição de um conjunto de conhecimentos teóricos e de técnicas que lhe permitiam, em estudos posteriores, aprender novas técnicas e novos conhecimentos igualmente teóricos, assim como obter os mecanismos necessários para dar resposta aos testes de avaliação.

Os currículos e os programas eram elaborados tendo em vista as necessidades de estudos posteriores, centrando-se, quase exclusivamente, na aquisição de capacidades intelectuais, sem qualquer preocupação com o desenvolvimento das capacidades afetivas e sociais (Yager, 1981). Esquecidos eram, também, os conhecimentos adquiridos pelos alunos fora da escola que, juntamente com as suas conceções e atitudes

face às ciências, influenciam fortemente a aprendizagem. A importância destes conhecimentos prévios no processo de ensino - aprendizagem foi bem sublinhada por Ausubel (1986) ao defender que o fator com maior influência na aprendizagem é o conhecimento que os alunos já possuem, e ao recomendar que se esclareça primeiro o que os alunos sabem e se ensine de acordo com esse conhecimento.

A comunidade educativa reconhece, hoje, que um ensino mecanicista conduz a uma aprendizagem insuficiente e limitativa, ao desinteresse e ao conseqüente insucesso dos alunos. O que se propõe, presentemente, não é renunciar à aquisição de conhecimentos por parte dos alunos, mas antes, estimular o desenvolvimento de um conjunto de atitudes e capacidades tais como saber aprender, investigar, selecionar informação, concluir, comunicar e argumentar.

Atualmente é necessário que os alunos investiguem, questionem, construam conhecimentos, utilizem novos meios tecnológicos disponíveis e, sobretudo, ganhem autonomia ao longo da aprendizagem adquirindo, assim, a capacidade de resposta às situações novas que irão encontrar no futuro e autorregulando a construção do conhecimento.

1.1.5 As Ciências no Ensino Secundário

Atualmente a ciência e a tecnologia estão cada vez mais enraizadas na vida quotidiana do indivíduo e da sociedade. A escola tem um importante papel a desempenhar, não somente no desenvolvimento de conhecimentos científicos e técnicos, mas também no desenvolvimento de atitudes suscetíveis de assegurar, aos cidadãos do futuro, a avaliação e a aplicação desses conhecimentos (Direção Geral Ensino Básico e Secundário, 1993).

Neste contexto, a disciplina de Física pode prestar um contributo muito particular e importante à formação dos jovens, proporcionando-lhes uma educação científica que lhes será útil num mundo necessariamente diferente do atual. Como refere Ruba, «muito do modo como se organiza o ensino, como se escolhem recursos ou como se decide sobre metodologias a seguir depende, em larga medida, das finalidades que nos propomos desenvolver.» (1982, 14).

A inclusão das Ciências Físicas e Naturais no currículo do Ensino Básico justifica-se pelos contributos essenciais em três perspetivas: perspetiva da ciência, a necessidade de os alunos adquirirem um conjunto de conhecimentos e competências

essenciais para se iniciarem no estudo desta disciplina; perspectiva do indivíduo, pelo seu importante contributo para o desenvolvimento de capacidades no aluno; perspectiva da sociedade ao permitir ao aluno adquirir uma compreensão científica dos fenómenos e acontecimentos que compõem o mundo físico e social, do qual faz parte (Pereira, 1992).

1.1.6. Novas Propostas para o Ensino das Ciências

Atualmente, e tendo presentes as investigações realizadas nesta área, é possível pensar numa visão diferente do ensino das Ciências no Ensino Básico. De seguida, apresenta-se um conjunto de princípios que refletem as novas orientações para o ensino das Ciências, resultantes de numerosos estudos, experiências e recomendações, realizados nos anos 80 e 90 por vários autores/investigadores:

➤ Ciência e Tecnologia

Segundo Rutherford & Ahlgren (1995), a ciência e a tecnologia definem-se tanto por aquilo que fazem e como o fazem, como pelos resultados que obtêm. Para as compreenderem, como modos de pensar e de agir, é necessário que os alunos adquiram alguma experiência com os tipos de pensamento e ação típicos dessas áreas.

Os professores devem iniciar o ensino da Ciência pelas questões e fenómenos que são interessantes e familiares aos alunos e não por abstrações ou fenómenos que estejam fora do alcance da sua perceção, compreensão ou conhecimento. Os alunos do Ensino Básico devem começar a tomar contacto com as coisas à sua volta - incluindo dispositivos, organismos e materiais - e a observá-las, a colecioná-las, a manipulá-las, a descrevê-las, a ficar intrigados com elas, a colocar questões sobre elas, a argumentar acerca delas e, por fim, a tentar encontrar respostas para essas questões por eles levantadas.

Assim, o Ensino das Ciências no Ensino Básico deve partir dos problemas do dia-a-dia, conhecidos dos alunos e não de uma exploração do conhecimento científico para dar um novo sentido ao que já se sabe (AAAS, 1989; Martins, 1994; Watts, 1991; Williams *et al.*, 1995). Tal pressuposto segue as atuais orientações do referido Inquiry Based Teaching, referenciado internacionalmente com a atual perspectiva a direcionar o Ensino das Ciências.

➤ Atividades: Importância da Medição

Os alunos necessitam de diversas oportunidades para coleccionar, seleccionar e catalogar; para observar, tomar notas e fazer esboços; para fazer entrevistas, sondagens e levantamentos e para usar, com frequência, o material de laboratório existente na escola. Devem fazer medições, contar, desenhar gráficos e calcular, explorar as propriedades químicas e físicas de substâncias comuns e observar sistematicamente, o comportamento social dos seres humanos e de outros seres vivos.

Entre estas atividades, uma com particular importância é a medição, uma vez que o cerne de grande parte da engenharia e da ciência está na seleção daquilo que se deve medir, dos instrumentos a utilizar, o modo de verificação do rigor das medições e o modo de dar configuração e sentido aos resultados (Domingos, Neves & Galhardo, 1987; AAAS, 1989). Refira-se que o Inquiry Based Teaching a importância de o ensino das Ciências espelhar o trabalho dos cientistas e de desenvolver as capacidades investigativas inerentes ao raciocínio científico.

➤ Resolução de Problemas

Os novos programas do Ensino Básico preconizam a resolução de problemas como eixo organizador e integrador das diversas áreas do currículo e como atividade fundamental do ensino das Ciências. Este ponto de vista tem implicações importantes na sala de aula. Propõe-se que conceitos, técnicas, competências e processos a desenvolver surjam a partir de atividades diversas, nomeadamente a resolução de problemas e situações problemáticas com significado para o aluno. A resolução de problemas surge, assim, como fonte e campo de aplicação de conceitos e como meio de consolidação e desenvolvimento de competências e mobilização de conhecimentos científicos.

No capítulo «Orientação Metodológica» da Organização Curricular e Programas, publicado pelo Ministério da Educação, pode ler-se o seguinte relativamente ao ensino das Ciências:

«A abordagem dos temas pode efetuar-se através de um tempo de discussão que permita a formulação de problemas com interesse para os alunos que constituam pontos de partida para o desenvolvimento de atividades. A resolução de problemas, considerado um aspeto fundamental da educação científica, facilita a aprendizagem e o

exercício das capacidades nela envolvidas. Deste modo, o aluno aprende a aprender, pensa mais eficientemente, aumentando a capacidade de transferência.» (Direção Geral Ensino Básico e Secundário, 1991, 186)

Watts (1989) também preconiza o uso de estratégias de resolução de problemas nas aulas de Ciências. Segundo este autor, as questões levantadas, quer pelos alunos quer pelo professor, *«podem constituir problemas, servindo de motor à elaboração de hipóteses e ao nascimento de pequenos projetos de pesquisa participados pelos alunos, desde o seu planeamento à consecução e avaliação.»* (Watts, 1989, citado por Jorge, 1992, 38)

Os alunos devem resolver problemas (a níveis adequados à sua maturidade) que os levem a decidir quais os aspetos mais relevantes e a interpretar o significado desses aspetos. Este processo dá prioridade, tal como acontece nas Ciências, à observação cuidada e à análise bem estruturada. Os alunos necessitam de orientação, de encorajamento e de prática na recolha, seleção e análise de dados e na construção de argumentos com base neles (Baroody, 1993; Woolnough, 1994; Bentley, 1995; Rutherford & Ahlgren, 1995; Shoring, 1995; Vasconcelos e Almeida, 1992).

➤ Perspetiva Histórica dos Acontecimentos Científicos

Para além da resolução de problemas, outro aspeto importante, é a perspetiva histórica dos acontecimentos científicos. Durante a escolaridade, os alunos devem contactar com muitas ideias científicas apresentadas no respetivo contexto histórico. Estas ideias devem integrar os conteúdos programáticos e a sua seleção por parte do professor, deve representar o alcance e diversidade do empreendimento científico. Desta forma, os alunos poderão desenvolver a compreensão de como a Ciência realmente acontece, aprendendo acerca do crescimento das ideias científicas, do caminho que conduziu à compreensão atual de tais ideias, dos papéis desempenhados por diferentes investigadores e da interação entre as provas e a teoria ao longo do tempo (Carvalho, 1992; Rutherford & Ahlgren, 1995).

Tal perspetiva histórica é importante para o ensino efetivo da Ciência, também pelo facto de poder conduzir a perspetivas sociais. Segundo Ziman (1986), existe uma influência da sociedade no desenvolvimento da ciência e da tecnologia e um impacto da ciência e da tecnologia na sociedade. É importante, por exemplo, que os alunos tomem

consciência de que as mulheres e as minorias têm dado contributos significativos, apesar das barreiras que a sociedade colocou no seu caminho; que saibam que as origens da ciência e da tecnologia recuam às culturas egípcia, grega, árabe e chinesa e que consciencializem o facto de que os cientistas trazem para o seu trabalho científico os valores e os preconceitos das culturas em que vivem (Bentley, 1995; NSTA, 1994; Silva & Rodrigues, 2012). Esta perspetiva interna lista no Ensino das Ciências é internacionalmente valorizada e auxilia o professor a espelhar o trabalho dos cientistas e a riqueza do empreendimento científico.

➤ Comunicação Oral e Escrita

A comunicação oral e escrita eficaz é tão importante em todas as facetas da vida que os professores de todas as disciplinas e de todos os níveis de ensino devem considerá-la uma das prioridades para todos os alunos. Para além disso, os professores de Ciências devem salientar a clareza de expressão, porque as provas científicas não podem ser compreendidas sem algum esforço de explicação rigorosa dos processos, das descobertas e das ideias de cada um e da descodificação das explicações de outrem (Carvalho, 1995; NSTA, 1994). Sem dúvida que a comunicação de ciência e a competência argumentativa são facetas do raciocínio científico a desenvolver no Ensino das Ciências.

➤ Trabalhos de Grupo

A natureza colaborativa do trabalho científico e tecnológico deve ser fortemente reforçada através de atividades de grupo frequentes na sala de aula. Atualmente, os cientistas trabalham em equipa e com menos frequência como investigadores isolados. De forma semelhante, os alunos devem ganhar experiência na partilha de responsabilidades para a aprendizagem em conjunto. Numa perspetiva Vigotskyana o recurso a estratégias de trabalho em grupo, nas aulas de Ciências, pode promover a compreensão do funcionamento da ciência e a aprendizagem social. Tendo tido início na América com Dewey, as estratégias de grupo têm muitas vantagens no ensino, por exemplo: ajudar os jovens a perceber que todos podem contribuir para atingir objetivos comuns e que o progresso não depende do facto de todos possuírem as mesmas capacidades.

No processo de discussão acerca de uma ideia e na procura de noções comuns, os alunos de um mesmo grupo têm de informar frequentemente os colegas acerca de procedimentos e significados, argumentar acerca de descobertas e avaliar a evolução da tarefa. No contexto da responsabilidade em equipa, o *feedback* e a comunicação tornam-se mais realistas e assumem um carácter muito diferente da abordagem comum e individualista do papaguear do manual escolar ou do trabalho de casa (Cavaco, 1992; Davies, 1996; Johnson & Johnson, 1990; Martins, 1991; OCDE, 1992; NSTA, 1994; Osborne & Freyberg, 1995).

➤ Compreensão e Vocabulário

Em Ciência, métodos e conclusões estão intimamente ligados. A natureza do método depende daquilo que está a ser investigado e aquilo que se aprende depende dos métodos usados. Um Ensino da Ciência que procure apenas transmitir aos alunos os conhecimentos acumulados de uma determinada área não conduz à compreensão dos conceitos científicos nem dos processos, nem desenvolve a capacidade de raciocínio e pensamento crítico (Kyle, 1995; Rutherford & Ahlgren, 1995).

Por outro lado, ensinar o raciocínio científico como um conjunto de processos sem relação com qualquer conteúdo particular - o método científico, por exemplo - é para alguns autores, igualmente fútil. Como refere Gago (1990), os professores de Ciências devem ajudar os alunos a adquirir tanto o conhecimento científico do mundo como os hábitos mentais científicos que a ele conduziram. Outros autores consideram essencial o ensino do método científico como uma unidade curricular específica, contribuindo para uma melhor compreensão dos alunos da natureza do empreendimento científico (Lederman, 2000).

O objetivo essencial do Ensino da Ciência deve ser a compreensão, para além da terminologia. A utilização de uma terminologia clara e inequívoca é fundamental na comunicação científica e na sua compreensão. Alguns termos técnicos são úteis para todos, pois facilitam a comunicação e devem ser aprendidos de forma gradual. Se os professores introduzirem termos técnicos somente quando necessários à clarificação do pensamento e à promoção da comunicação efetiva, então os alunos formarão gradualmente um vocabulário funcional que sobreviverá para lá do teste seguinte. A concentração dos professores no vocabulário, porém, pode implicar uma menor atenção à Ciência como processo, o que coloca em risco a sua compreensão (AAAS, 1993;

Ciari, 1997). Porém é necessário para dotar o aluno de competências argumentativas de qualidade.

A Ciência é mais do que um corpo de informação e um modo de acumular e validar essa informação. Numa perspectiva integralista, é também uma atividade social que incorpora certos valores humanos (Ziman, 1986). A autoestima associada à curiosidade, à criatividade, à imaginação e à beleza não é algo que se confine à Ciência - como também o ceticismo e o desagrado pelo dogmatismo não se restringem a ela. Contudo, tudo isto é altamente característico do empreendimento científico. Ao aprender Ciência, os alunos devem encontrar estes valores como parte da sua experiência e não como afirmações vazias (Bentley, 1995; Rutherford & Ahlgren, 1995). Por isto, o trabalho prático espelha o empreendimento científico e facilita aos alunos a compreensão da natureza da ciência.

➤ Levantamento de questões/Criatividade

A Ciência não cria apenas curiosidade, aceita-a, estimula-a, incorpora-a, recompensa-a e disciplina-a, e o mesmo deve fazer um bom Ensino da Ciências. Assim, os professores de Ciências devem encorajar os alunos a levantar questões acerca das matérias em estudo, sugerir-lhes modos produtivos de encontrar respostas e recompensar aqueles que levantam e tentam investigar questões fora do comum, mas relevantes. Numa aula de Ciências as questões devem ser tão valorizadas como os conhecimentos (AAAS, 1993; Chambers & Forth, 1995). São o início do desenvolvimento do raciocínio científico e promovem a investigação.

Os cientistas prezam muito o uso da imaginação e da criatividade. As aulas de Ciências devem ser um local onde a criatividade e a invenção - como qualidades distintas da excelência académica - sejam reconhecidas e encorajadas. Na verdade, os professores podem dar expressão à própria criatividade sugerindo atividades nas quais os alunos serão recompensados pela originalidade e imaginação (Penick, 1992).

A Ciência prospera devido ao ceticismo institucionalizado daqueles que a praticam. O princípio central é o de que as provas científicas que justificam determinado problema, a sua lógica e as afirmações de alguém serão questionadas e que a experimentação será sujeita a réplica.

Nas aulas de Ciências os professores devem levantar muitas questões de modo a que os alunos desenvolvam a capacidade de pensamento crítico e criativo como por

exemplo: De que modo chegámos a este conhecimento? Quais as provas científicas que justificam este problema? Como explicas? Há explicações alternativas ou outras maneiras melhores de resolver o problema? O objetivo deve ser habituar os alunos a colocarem eles mesmos este tipo de questões e a procurar respostas para elas (Matthews, 1994; NSTA, 1994; NRC, 1994).

Os alunos devem compreender a Ciência como um processo para alargar o conhecimento e não como uma verdade inalterável, o que significa que os professores não devem transmitir a impressão de que eles próprios e os manuais escolares são autoridades absolutas cujas conclusões estão sempre corretas – em ciência não há dogma! Ao discutirem a credibilidade das afirmações científicas e ao promoverem a interpretação dos desacordos entre cientistas, os professores de Ciências podem ajudar os alunos a manterem o equilíbrio entre a necessidade de aceitarem grande parte dos conhecimentos científicos e, ao mesmo tempo, a importância de manterem uma mente aberta no sentido de estarem também atentos e recetivos a possíveis mudanças (AAAS, 1993). O conhecimento científico é provisório e sujeito a incorporação social e cultural (Abd-El-Knalick & Lederman, 2000).

➤ Sucesso na Aprendizagem das Ciências

Muitas pessoas consideram a Ciência fria e desinteressante. Contudo, a compreensão científica de fenómenos como, por exemplo, a formação das estrelas, o azul do céu ou a estrutura do coração humano, não envolve necessariamente a destruição dos significados românticos e espirituais desses fenómenos. Além disso, o conhecimento científico pode possibilitar prazeres estéticos adicionais, tais como: a perceção do padrão de difração das luzes da rua vista através de uma cortina; o pulsar da vida num organismo microscópico, a imponência do arco de uma ponte, a eficiência da combustão nas células vivas, a história presente numa rocha ou numa árvore. Há como que uma estética nas ideias e nas explicações científicas.

Os professores de Ciências devem estabelecer um ambiente de aprendizagem em que os alunos sejam capazes de alargar e aprofundar a sua reação à beleza das ideias, dos métodos, dos instrumentos, das estruturas, dos objetos e dos organismos vivos (Rutherford & Ahlgren, 1995).

Os professores devem reconhecer que, para muitos alunos, a aprendizagem das Ciências envolve sentimentos de ansiedade e o medo de fracassar. Isto, sem dúvida, é

uma consequência, em parte, daquilo que é ensinado e do modo como é ensinado e, por outro lado, de atitudes transmitidas acidentalmente nos primeiros anos de escolaridade por pais e professores porque eles próprios, não se sentem à vontade com a Ciência. Contudo, em vez de desprezarem a ansiedade relacionada com a Ciência como algo sem fundamento, os professores devem garantir aos alunos que compreendem estas suas particularidades e que trabalharão com eles no sentido de as ultrapassarem. Trata-se, assim, de desenvolver a autoestima dos alunos através de superar tais receios e inquietações (AAAS, 1989).

Desta forma, os professores devem assegurar-se que os alunos obtenham algum sucesso na aprendizagem das ciências. Consequentemente devem deixar de salientar o *acertar em todas as respostas* como critério principal de sucesso. No fundo, a própria Ciência nunca está completamente certa. A compreensão de alguma coisa nunca é absoluta e pode adotar muitas formas. Do mesmo modo, os professores devem esforçar-se para que os alunos, principalmente aqueles que demonstrarem menor autoconfiança, tomem consciência dos respetivos progressos e devem encorajá-los a prosseguir os seus estudos.

➤ Familiarização com os Instrumentos

Muitos alunos receiam utilizar os instrumentos de laboratório e outras ferramentas comuns na atividade científica. Este medo pode ter sido originado pela falta de oportunidade para, com segurança, utilizarem esses instrumentos. As raparigas, particularmente, parecem sofrer, em muitos países, com a noção errónea de que os rapazes estão mais aptos a lidar com ferramentas e aparelhagem laboratorial.

Começando nos primeiros anos, todos os jovens deviam adquirir gradualmente familiaridade com os materiais de laboratório e aprender a usá-los corretamente. No final da escolaridade todos deviam ter tido experiências com esses materiais (NSTA, 1994; Woolnough, 1994). Mais uma vez, o espelhar do trabalho dos cientistas reflete-se na sala de aula ensinando os alunos a manusear aparelhos específicos.

➤ Seleção de Matérias de aprendizagem

Devido ao facto das profissões nas áreas da Ciência terem sido predominantemente desempenhadas por indivíduos ocidentais do sexo masculino, os

alunos do sexo feminino e de minorias raciais podem facilmente adquirir a impressão de que estas áreas estão para além das suas capacidades ou que não são adequadas para eles, por quaisquer outros motivos. A confirmar isto, são sobejamente conhecidos os estudos em que se pede a crianças para desenharem um cientista e, infalivelmente, a imagem que surge é o de um homem de certa idade com fisionomia ocidental. Esta percepção desanimadora - demasiadas vezes reforçada pelo ambiente exterior à escola - persistirá, a não ser que os professores trabalhem ativamente no sentido de a alterarem.

Assim, os professores devem seleccionar matérias de aprendizagem que ilustrem o contributo das mulheres e das minorias, apresentar indivíduos como modelos e tornar claro aos estudantes do sexo feminino e das minorias que se espera que aprendam os mesmos assuntos e ao mesmo nível que todos os outros e obtenham resultados igualmente bons (AAAS, 1993).

Uma insistência exagerada na competição por notas altas entre os estudantes distorce aquilo que devia ser o primeiro motivo para estudar Ciência: compreender melhor o mundo que nos rodeia. A competição entre os estudantes na aula de Ciências pode também ter como consequência que alguns deles desenvolvam aversão à Ciência e percam a confiança na própria capacidade de a aprenderem (Rutherford & Ahlgren, 1995). Por este motivo, seleccionar as matérias de aprendizagem e promover o trabalho colaborativo são elementos a reforçar no Ensino das Ciências.

➤ Envolver o meio social do aluno na aprendizagem

As crianças aprendem com os pais, irmãos e outros parentes, com os colegas e amigos, bem como com os professores e outras pessoas. Aprendem com os livros e revistas, com os filmes, com a televisão, com a rádio, com os computadores, quando vão aos museus e ao jardim zoológico, a festas e a reuniões de clubes, a concertos de música e a eventos desportivos, com os livros escolares e no ambiente escolar em geral.

O ensino das Ciências deve explorar os vastos recursos da comunidade num sentido mais alargado e envolver, de formas úteis, os pais e outros adultos interessados. A este respeito, no capítulo «Orientação Metodológica» do Ensino Básico 2º Ciclo Organização Curricular e Programas, publicado pelo Ministério da Educação, pode ler-se o seguinte:

«Tendo em vista uma visão conjunta do Meio, é importante o uso de uma metodologia com uma forte componente ativa e interdisciplinar que conduza à elaboração de projetos comuns, em que há transferência de conhecimentos e técnicas entre as diferentes áreas. A investigação direta da realidade é importante para a formação do futuro cidadão consciente que saiba observar o que o rodeia, conhecer dados de fontes diversas, fornecer alternativas aos problemas quotidianos do seu meio e aplicar os conhecimentos a situações novas.» (DGEBS, 1991, 186)

Também é importante que os professores reconheçam que parte daquilo que os alunos aprendem fora do contexto formal, pode estar errado, incompleto e deficiente, ou mal compreendido, podendo constituir formas alternativas de saber que são avessas à mudança as designadas concepções alternativas. No entanto, a educação formal pode ajudar a reestruturar esses conhecimentos e a adquirir outros novos que se aproximem mais dos conhecimentos cientificamente aceites (Cachapuz, 1995).

O professor deve ser um organizador e orientador do trabalho a desenvolver dentro e fora da sala de aula, dando pistas que o aluno poderá explorar individualmente ou em colaboração com outros elementos da turma. No percurso a orientar, não pode considerar fases rígidas, uma vez que a educação em Ciências é um processo dinâmico onde as operações mentais se entrelaçam (Davies, 1996; Dekker, 1995; DGEBS, 1991).

O ensino deve ser investigativo, convertendo-se num ensino aberto em que o aluno é sujeito ativo do processo educativo. Isto implica alterações em relação à maneira como, atualmente, muitos professores ensinam ciências: por exemplo, o livro deixa de ser o único suporte de aprendizagem, sendo importante a opção por métodos de trabalho diversificados (DGEBS, 1991; DGEBS, 1993) e o recurso ao pluralismo estratégico.

➤ Apresentação regular dos conceitos

Na aprendizagem da Ciência os alunos necessitam de tempo para explorar fenómenos, fazer observações, optar pelo caminho a seguir e interiorizar os seus próprios erros, testar ideias e repetir o aprendido muitas vezes. O tempo é necessário, também, para construir coisas, calibrar instrumentos, colecionar objetos, construir modelos físicos e matemáticos, para testar ideias através de experiências, para inquirir à sua volta, ler, comunicar e argumentar.

Para além disso, qualquer tema de Ciência que seja ensinado apenas numa aula ou numa unidade, sem qualquer tarefa de consolidação, não terá qualquer probabilidade de deixar rasto no final da escolaridade. Para se fixarem e amadurecerem, os conceitos não devem ser apresentados esporadicamente, mas estudados periodicamente em diferentes contextos e segundo níveis crescentes de complexidade (Rutherford & Ahlgren, 1995). A abordagem de uma mesma noção várias vezes não significa repetição, pois existem graus de conceitualização, conforme os diferentes níveis de desenvolvimento. O currículo em espiral ajuda a conceitualização e facilita a consolidação do aprendido.

1.1.7. A Aprendizagem Centrada no Aluno

O princípio fundamental que deve orientar o ensino seja a que nível for, é a noção de que o aluno é o sujeito epistémico da estrutura da situação de conhecimento em contexto educativo (Lopes, 2004, 65). Dito de outro modo, o aluno é o primeiro responsável pela construção do seu conhecimento científico. Nesta perspetiva construtivista da aprendizagem, o ensino tem de estar centrado na aprendizagem do estudante, e não centrado em brilhantes exposições científicas do professor. Esta asserção pode ser considerada como um ponto de partida, com um estatuto epistemológico de pressuposto teórico, e é plenamente assumida neste trabalho como tal. Este pressuposto com raízes na perspetiva construtivista da aprendizagem, que comporta, como principal consequência, a necessidade de centrar qualquer processo de ensino no aluno e de atender aos seus pré-requisitos (sejam concepções alternativas ou conhecimento científico escolar correto).

Esta perspetiva da aprendizagem e de ensino, em particular no Ensino das Ciências, está suficientemente consolidada para se poder falar, pelo menos na comunidade de investigação, de consenso construtivista (Gil Pérez, Carascosa Alís *et al.*, 1999). Prova disto mesmo é a vasta investigação reconhecida em revistas internacionais, em livros coletivos como, por exemplo, Tiberghien, Jossem & Barojas, 1998) e nos manuais (*handbooks*) entretanto publicados, como por exemplo, Fraser & Tobin, 1998; Gabel, 1994; Richardson, 2002). No caso concreto do ensino de Física, esta perspetiva aparece também fortemente estabelecida, implícita ou explicitamente, na literatura, por exemplo, McDermott, 2001; Mestre, 2001; Redish, 1999).

Por outro lado, se o ensino tem de ser centrado no estudante, então a sua eficiência tem de ser analisada em termos das aprendizagens que promove. Isto coloca a

avaliação dos alunos numa posição central. Se a avaliação apelar essencialmente à memorização de factos e à resolução de exercícios tradicionais (facilmente obtida por recurso a algoritmos treinados repetitivamente), pouco se poderá inferir das aprendizagens realmente conseguidas pelos alunos (McDermott, 2001; Kim & Pak, 2002). Para além disso, uma avaliação deste tipo tende a condicionar os estudantes no sentido de adotarem abordagens superficiais, o que reforça a probabilidade de obterem aprendizagens pouco significativas (Ramsden, 1992, 67-68). Metodologias de ensino inovadoras impõem práticas avaliativas diferentes, capazes de avaliarem as competências desenvolvidas e não só enfatizarem exercícios retóricos e mecânicos valorizadores da memorização.

1.1.7.1. A Abordagem do aluno à Aprendizagem

O tema de investigação da aprendizagem dos alunos não é recente. Entendemos que acompanha aprendizes (alunos) e instrutores (professores ou educadores) no contexto escolar, desde tempos imemoriais. Na tradição do pensamento ocidental, podemos situá-lo na Grécia antiga, há 2500 anos, com a fundação da primeira academia. O interesse define-se em compreender como o aluno aprende e determinar o que é relevante a nível interno (características pessoais) e externo (características do meio) na aprendizagem académica (escolar) e social (vida quotidiana).

Acreditamos, que o que tem mudado são as leituras teóricas de enfoque, os conceitos subjacentes, as metodologias de estudo, os instrumentos desenvolvidos com esse propósito e, em geral, o rigor das conclusões e das implicações práticas das descobertas, em função dos contextos e culturas. Relembramos que o Ensino das Ciências é interpretado nos currícula, na segunda metade do século XIX exatamente com a intenção de procurar nos alunos o raciocínio científico e as capacidades investigativas.

Desde os anos 70 (do século XX), com a revolução cognitiva, que assistimos no mundo contemporâneo ocidental, a um esforço programático para compreender os processos envolvidos na aprendizagem dos estudantes, na dupla perspetiva de quem tem de aprender e de quem ensina.

A consulta da bibliografia revela-nos que o problema geral de procurar compreender como é que os estudantes enfrentam as situações de aprendizagem ou lidam com as tarefas de estudo, levou à formulação e desenvolvimento do construto

teórico: abordagem dos alunos à aprendizagem. O novo conceito tem sido objeto de investigação por vários autores nacionais e estrangeiros com diferentes metodologias e/ou significados extraídos dos seus resultados (Barca *et al.*, 1997; Biggs *et al.*, 2001; Entwistle *et al.*, 1988a, 1988b; Carvalho, 2002; Chaleta, 2003; Duarte, 2000; Grácio, 2003; Rosário, 1999a, 1999b, 2001; Rosário e Almeida, 1999, 2005; Rosário *et al.*, 2001; Rosário *et al.*, 2003; Zeegers, 2001, 2002).

John Biggs (1994), num esforço de clarificação do significado do novo construto, propôs, pelo menos, dois sentidos distintos, embora complementares, para a abordagem dos alunos à aprendizagem:

- ✓ Os processos adotados na realização das tarefas escolares concretas que determinam o resultado da aprendizagem. Este é o sentido original de Marton & Säljö (1976a, 1976b), sobre o que posteriormente se virá a designar por abordagens superficial e profunda dos alunos à aprendizagem (Marton, 1981; Marton & Säljö, 1984);
- ✓ A predisposição dos alunos para adotarem um determinado conjunto de processos quando, através de um instrumento, se lhes pergunta como enfrentar as tarefas de aprendizagem (Biggs, 1987a, 1987b; Biggs & Moore, 1993; Entwistle, 1988a, 1988b; Entwistle & Ramsden, 1983) ou seja, um sentido mais operativo e pragmático dos processos subjacentes às formulações do problema: «o que faz?», «porquê?» e «como faz?» o estudante para aprender no contexto académico.

Em suma, segundo os autores citados, os significados produzidos na descodificação da aprendizagem dos alunos decorreram de um importante esforço de investigação, no entendimento dos componentes e das fases do processo de estudo. Foram os resultados dos seus trabalhos em diferentes contextos culturais e níveis de ensino - aprendizagem (superior, secundário e básico) que permitiram que melhor se conhecessem os múltiplos conceitos interligados quando acedemos à avaliação dos processos cognitivos e motivacionais através de instrumentos de medida psicométrica construídos para esse efeito. Embora sejam estudos muito ligados à Psicologia da Educação, têm reflexos sistemáticos e relevantes na Educação em Ciências,

contribuindo para a seleção de metodologias e estratégias de ensino que se pretendem mais eficientes.

1.1.7.2. *A Aprendizagem na Perspetiva dos Alunos*

Em Portugal e Espanha, países próximos cultural e geograficamente, a problemática de investigar o impacto das abordagens dos alunos ao estudo, nos resultados da aprendizagem, colocou-se um pouco mais tarde, tendo sido iniciado em meados dos anos 90. Nessa década, foram dados passos importantes no desenvolvimento dos modelos teóricos subjacentes à explicação da aprendizagem na perspetiva dos alunos (Barca, Porto & Santorum, 1997; Rosário, 1999a, 1999b) e na aplicação das modernas metodologias de investigação ao processo de aprendizagem nos contextos educativos português (Carvalho, 2002; Chaleta, 2003; Duarte, 2000; Grácio 2003; Lopes & Duarte, 2001; Rosário 1999; Rosário & Almeida, 1999) e espanhol (Porto Riboo, 1994; Rosario, Núñez & González Pienda, 2004).

Os vários estudos permitiram clarificar os conceitos, compreender melhor os modelos e desenvolver novas implicações educativas quando se procura responder à questão em *latu sensu*: Como estudam e/ou aprendem os estudantes em contexto escolar?

Para quem trabalha nos contextos educativo e formativo, a experiência revela-nos que compreender como estudam ou trabalham (como?) e o que percebem (para quê? e porquê?) os alunos sobre o contexto de aprendizagem é muito importante para os resultados atingidos. A tentativa de perceber quais são os fatores contextuais que mais influenciam a aprendizagem do aluno é de particular importância para quem ensina (i.e. qual é a influência do professor?); contexto de aprendizagem (i.e. qual é a influência do ambiente de sala de aula?) ou, qual é o clima de aprendizagem?); e, ainda, contexto institucional (i.e. qual é a influência dos procedimentos de avaliação na escola? ou, (qual é a influência dos procedimentos disciplinares em vigor?) entre outros.

No diálogo escolar, são expressos alguns sentimentos de impotência e frustração, bem como atitudes de conformismo e de incompreensão do problema da aprendizagem dos alunos nas suas múltiplas facetas de expressão escolar. Reproduzimos, numa tentativa de melhor clarificar, certas afirmações típicas deste cenário são: «Não há nada a fazer...»; «Não estudam! Como podem lá chegar?»; «Não sei o que se passa com aquela turma. Só querem é brincadeira.»; «Olha em relação ao

aluno. já tentei tudo... Sinceramente não sei o que hei-de fazer. Sinto que esgotei as soluções»; entre outras.

Estamos, portanto, perante uma problemática atual presente no ensino básico e secundário, que coloca desafios acerca da forma como os alunos constroem o seu próprio conhecimento e a forma como os professores ajudam a construir esse mesmo conhecimento.

1.1.8. O Ensino e a Aprendizagem da Física

Os processos de ensino e de aprendizagem da Física têm sido objeto de debate e de crítica nos últimos anos, proporcionando reflexões, por parte dos investigadores que concentram os seus estudos sobre as dificuldades e os problemas relacionados com o ensino desta Ciência em diferentes níveis.

Muitos dos esforços da investigação educacional em Ciência foram concebidos para compreender os complexos processos mentais que ocorrem na aprendizagem das Ciências. Um deles é devido a Gérard Vergnaud, que no início dos anos 90, desenvolveu a sua Teoria dos Campos Conceptuais. Na linha deste estudioso, o conhecimento que um indivíduo possui é organizado por áreas cujo domínio do tema é conseguido através da experiência, maturidade e aprendizagem num período de tempo prolongado.

Para ele, o conhecimento está organizado em campos conceptuais que são conjuntos informais e heterogéneos de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento. Por sua vez, os conceitos são definidos por um conjunto de situações que lhe dão significado, os invariantes operatórios (teoremas e conceitos – em - ação) e por um conjunto de representações simbólicas que constituem o significante. Apesar de um conceito se tornar significativo através de uma variedade de situações, o seu sentido não está nas situações *per se* (Moreira, 2004).

Como já referimos acima, existem dois tipos de invariantes operatórios: conceitos-em-ação (CEA) e teoremas-em-ação (TEA). Os primeiros são objetos, classes, predicados e categorias de pensamento, e os segundos são proposições construídas com os conceitos-em-ação referentes à situação. Existe uma relação dialética entre os conceitos-em-ação e teoremas-em-ação, uma vez que os conceitos são os ingredientes dos teoremas e os teoremas são propriedades que dão ao conceito o seu conteúdo.

Este trabalho tem por base a crença de que os invariantes operatórios têm quatro tipos de conhecimento: pensamento espontâneo, habilidades intelectuais, conhecimentos e meta cognição, conforme expressamos e resumimos na figura A. De salientar que tornamos a abordar este tema, mais detalhadamente, no Capítulo II- Revisão da Literatura.

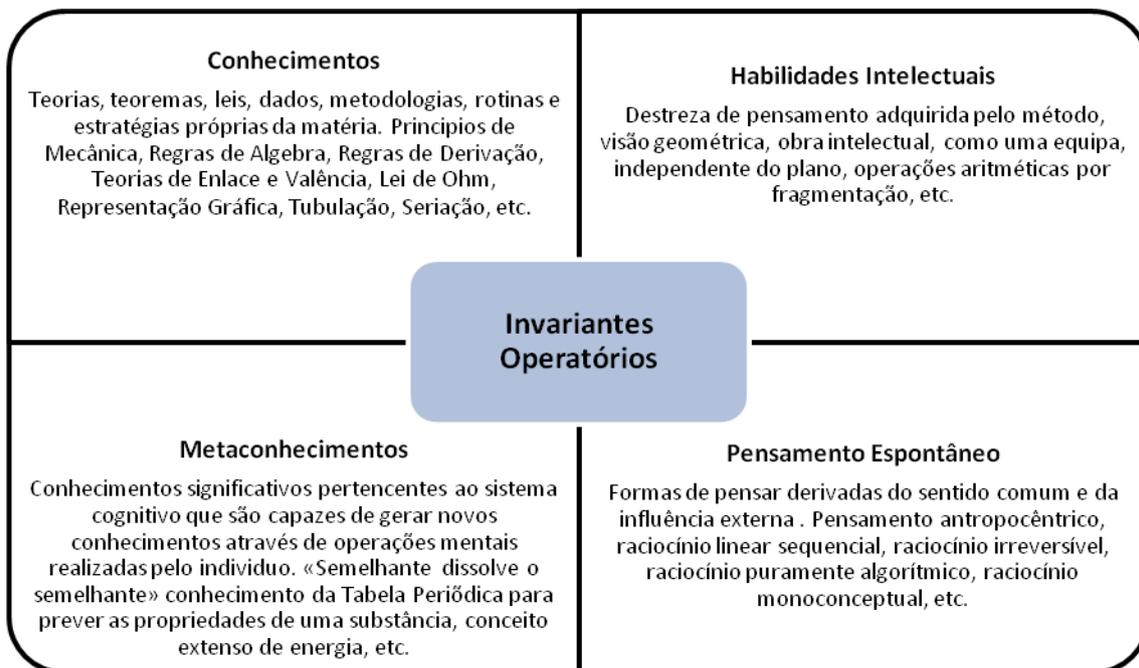


Figura A - Invariantes Operatórios

Os invariantes operatórios são os conhecimentos contidos nos esquemas, normalmente implícitos e geralmente, os alunos são incapazes de explicitar os seus conceitos através de uma linguagem natural e os teoremas-em-ação ficam envolvidos no processo de aprendizagem. Portanto, a principal tarefa do professor é ajudá-los a construir e tornar explícitos teoremas e conceitos cientificamente aceites.

A ideia - base da Teoria de Gérard Vergnaud, é a de que a atividade do sujeito é o centro de aprendizagem e desenvolvimento cognitivo. Portanto, confrontado com uma situação problemática, os atos individuais, utilizam assim os seus esquemas mentais, conforme esquematizamos a seguir:



Figura B - Esquemas Mentais

Por sua vez, os esquemas mentais são definidos como organização das invariantes mentais numa determinada situação. Para aceitar as ideias de Vergnaud, a sensibilização dos esquemas mentais seriam críticas, com o objetivo de obter para os seus alunos uma aprendizagem de alta qualidade. Nesta linha de pensamento, Moreira (2004) propôs que as ideias de Vergnaud, desenvolvidas no âmbito do ensino da Matemática, poderiam ser extrapoladas para o Ensino Experimental das Ciências e propôs uma interessante linha de investigação que, no caso, faz parte do nosso trabalho. Assim o nosso estudo assenta no pressuposto de que os esquemas mentais de um indivíduo são complexos em termos de estrutura, sendo os invariantes operatórios que guiam o indivíduo na identificação, deteção e controle das informações relevantes, de modo a inferir a meta, as variáveis e organização das regras de ação, apropriado para o caso.

1.2. Identificação do problema de investigação

Assumindo a teoria de Vergnaud, facilmente se aceita que um ensino eficiente da Física passa pelo conhecimento, por parte do professor, dos campos conceptuais relativos aos conceitos que ensina. Para além disso há que conhecer os invariantes operatórios que, regra geral, utilizam os alunos ao encarar as diferentes tarefas de aprendizagem dos ditos conceitos. Nestas condições, o professor deveria ser capaz de adequar o seu método de ensino de forma a ajudar o aluno a construir o seu próprio conhecimento. Conhecer a estrutura e composição dos campos conceptuais em Física, mais em concreto, na Mecânica Newtoniana, é algo relativamente fácil de conseguir para um professor com experiência. O mesmo não acontece com os invariantes operatórios que utilizam os alunos, já que estes não costumam verbalizar nem manifestar a trama da sua atividade intelectual.

Certamente é abundante a investigação realizada no campo do pensamento espontâneo dos alunos na hora de encarar a aprendizagem da Ciência (Cudnami, Pesa & Salinas, 2000), existindo muita bibliografia a esse respeito. Ao mesmo tempo, é fácil um professor reconhecer que os conhecimentos científicos instrumentais são necessários para abordar, com êxito, a aprendizagem de uma determinada parte da Física.

No entanto, não é fácil nem imediato, identificar quais as habilidades intelectuais e metacomentos mais idóneos para as tarefas de ensino e de aprendizagem

inerentes à Física. Neste âmbito, o que se pode fazer é investigar, na mais ampla amostra possível de alunos, a natureza e estrutura dos metacconhecimentos, assim como as habilidades intelectuais que estes exibem nas tarefas de aprendizagem.

Acreditamos que a análise dos dados obtidos nesta investigação permitirá, ordenar e articular o ensino de forma mais eficaz. A consideração do anteriormente exposto suscitou o seguinte problema para estudo:

Verificar se é possível que determinadas abordagens de sala de aula são capazes de contribuir para que os alunos, perante uma determinada situação, organizem o seu pensamento, de forma a resolverem determinado problema.

1.3. Objetivos Gerais do Estudo

O problema de investigação apresentado no ponto anterior levou à formulação dos seguintes objetivos gerais:

1. Conhecer e compreender os processos cognitivos (como se articula o pensamento) que ocorrem nos alunos durante a aprendizagem de conhecimentos científicos pertencentes ao campo conceptual da Mecânica Newtoniana.
2. Estudar e analisar os invariantes operatórios (e suas correlações) ativados pelos alunos perante situações – problemáticas pertencentes ao Campo Conceptual da Mecânica Newtoniana.

Resumindo, o objetivo fulcral da nossa tese é perceber como se articula o pensamento dos alunos perante situações problemáticas de Mecânica Newtoniana, mais concretamente as Leis de Newton e o conceito de força, e desta forma definir e caracterizar as correlações entre os conhecimentos técnicos, metacconhecimentos, habilidades intelectuais (invariantes operatórios), que os alunos empregam na articulação do pensamento e, perante isto, pressupomos uma abordagem de ensino e de aprendizagem adaptadas a estes esquemas.

1.4. Objetivos Específicos do Estudo

Os objetivos gerais acima mencionados comportam diversos objetivos específicos que apresentamos a seguir:

1. Construir instrumentos para a identificação e caracterização das representações do campo conceptual da Mecânica Newtoniana.
2. Realizar um estudo piloto para determinar a validade e fiabilidade dos instrumentos para a sua elaboração definitiva.
3. Identificar as representações construídas pelos alunos de Ciências Físico - Químicas, no ensino secundário, mediante a análise do processo de conceptualização e a determinação de níveis de conceptualização no início, durante e no fim do estudo.
4. Interpretar as representações construídas pelos alunos, mediante a análise do processo de conceptualização e a determinação de níveis de conceptualização no início, durante e no fim do estudo.
5. Descrever e caracterizar a progressividade da aprendizagem dos estudantes (em Física) a partir do uso do campo conceptual da Mecânica Newtoniana em diversas situações e diferentes fases do processo de conceptualização.
6. Identificar elementos facilitadores e dificultadores para a compreensão, aquisição, e domínio do campo conceptual da Mecânica Newtoniana, presentes nos esquemas construídos pelos alunos.
7. Discutir e definir critérios para a elaboração de estratégias de ensino que facilitem aos estudantes o desenvolvimento e domínio progressivo do campo conceptual da Mecânica Newtoniana de acordo com as exigências do currículo.

1.5. Relevância do trabalho

Temos o propósito de dar o nosso melhor contributo com esta investigação, no sentido de melhorar os processos de ensino e de aprendizagem da Física. Esta tarefa é enorme em extensão e diversidade e por isso, deveriam existir mais investigadores a debruçarem-se sobre estes problemas. O facto de existirem tão poucos estudos nesta área, foi para nós um impulsionante desafio que nos levou a querer contribuir de forma inovadora na utilização de conceitos da Física Newtoniana.

Se conseguíssemos materializar o proposto por Moreira e Vergnaud, como explicita a citação abaixo, para cada um dos campos conceptuais das ciências, teríamos dado um enorme avanço na melhoria do ensino. Contudo, consideramos que os resultados obtidos irão contribuir para uma nova e interessante linha de investigação.

«El estudio del aprendizaje de conceptos físicos puede ser hecho desde el referencial teórico de Vergnaud. Para él, son las situaciones las que dan sentido al concepto, los invariantes operatorios los que constituyen su significado y las representaciones simbólicas su significante. Por ello es preciso identificar y clasificar situaciones adecuadas al aprendizaje de determinado concepto, investigar los invariantes operatorios usados por los alumnos y procurar entender cómo, por qué y cuándo una cierta representación simbólica puede ayudar en la conceptualización.» (Moreira, 2004, 24)

Acreditamos que a nossa investigação contribuirá para potencializar a aprendizagem dos alunos nos seguintes campos conceptuais: repouso, movimento, força, velocidade e aceleração, conseqüentemente, e facilitar a aprendizagem de conceitos. Contribuiremos, também, para o desenvolvimento dos esquemas mentais dos alunos e do seu conteúdo cognitivo.

Seguindo o fio condutor de Vergnaud, confrontar os estudantes com situações diante das quais eles têm que ser ativos, permite a explicitação do seu conteúdo cognitivo, permite negociar os seus significados, promove a reconstrução de esquemas (interação entre conhecimento prévio e o novo conhecimento) levando a superar dificuldades e avançar num campo conceptual. Detetando estes obstáculos podemos criar uma estratégia de ensino mais adequada e assim concretizar o nosso objetivo de facilitar a aprendizagem de conceitos, fomentar a construção ou reconstrução dos esquemas mentais e o conseqüente desenvolvimento cognitivo dos alunos.

1.6. Plano geral da tese

Esta dissertação apresenta-se estruturada em cinco capítulos. No primeiro capítulo, faz-se a apresentação e a contextualização do estudo, identifica-se o problema, apontam-se os objetivos, explica-se a pertinência do estudo no contexto educacional, é aqui apresentada a estrutura da dissertação.

O capítulo II constituindo um texto decorrente do estudo da literatura relacionado com o problema da investigação, apresenta uma síntese comentada de ideias e estudos relacionados com o tema escolhido. Procura-se, deste modo, definir, por um lado, um quadro teórico que fundamente o estudo empírico e, por outro, que ajude a interpretar os seus resultados. De acordo com a especificidade de cada subtema, que se relaciona com o problema da investigação definido, este capítulo organiza-se, para além de um subcapítulo introdutório, em mais dezassete subcapítulos.

No capítulo III referente à metodologia discute-se e fundamenta-se a metodologia adotada no desenvolvimento da investigação, definida após reflexão sobre o problema e seus objetivos. Assim, para além da descrição dos dois estudos e da caracterização da amostra selecionada para o mesmo, apresentam-se e explicam-se as técnicas e instrumentos de recolha de dados, os procedimentos de recolha dos dados e os processos de tratamento e análise dos dados. É feita uma síntese dos momentos da investigação e apresentadas algumas das limitações deste estudo.

O capítulo IV «Apresentação e Discussão dos Resultados» constitui o corpo da investigação propriamente dito: apresentam-se, analisam-se, discutem-se e comparam-se os dados recolhidos a partir dos instrumentos de recolha de dados descritos no capítulo III. Conciliando os objetivos traçados com os participantes no estudo, organizou-se este capítulo em três subcapítulos: Estudo 1 – Teste de Associação de Conhecimentos, Estudo 2 – Situações – Problemáticas e Estudo 3 – Entrevista.

Termina-se esta tese com o capítulo V «Conclusões». Devido ao facto da análise e interpretação dos resultados feitas no capítulo IV, terem sido suficientemente pormenorizadas e comentadas, este capítulo limita-se a apresentar uma síntese das conclusões a que esta investigação levou e implicações dos resultados decorrentes desta investigação e de propostas de trabalhos futuros.

CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA

2. Introdução

Relativamente à definição dos passos essenciais a ter em conta ao elaborar um projeto de investigação, a maior parte dos autores destaca a importância de levar a cabo uma revisão bibliográfica exaustiva, constituindo um ponto de partida para qualquer investigação (Almeida & Freire, 1997; Cohen & Manion, 1990; D`Ancona, 1996; Fortin, 2009). A revisão de literatura permite-nos uma maior familiarização com o tema de estudo, na medida em que permite conhecer, compreender, avaliar e sintetizar outros trabalhos publicados, relacionados com a temática em estudo, facilitando novas abordagens e ajudando a definir e delimitar, mais claramente, o problema da investigação (Almeida & Freire, 1997; D`Ancona, 1996; Fortin, 2009).

Este capítulo dedica-se assim à fundamentação teórica da investigação realizada, apresentando uma revisão crítica dos resultados de investigações, previamente realizados na área temática deste estudo. A revisão dos antecedentes teóricos recolhe as principais contribuições das propostas conceptuais sobre a aprendizagem de conceitos científicos. Abordamos as principais teorias cognitivas da aprendizagem e desenvolvimento, atualmente em uso na educação em Ciências, apresentando as contribuições teóricas de Piaget, Vygotsky e Ausubel. De seguida, apresenta-se uma síntese das características fundamentais de um conjunto de teorias psicológicas de formação de conceitos. Terminamos abordando a Teoria dos Campos Conceptuais de Gérard Vergnaud, pela sua potencialidade para estabelecer vínculos entre a estrutura formal do campo conceptual a estudar e a estrutura conceptual que os estudantes possuem. Concluimos com referência a dificuldades de aprendizagem, representações mentais e resolução de problemas.

1- Psicologia Cognitiva

1.1 Psicologia Cognitiva – Características Fundamentais

Várias tentativas de entender a mente remontam aos antigos Gregos, Platão e Aristóteles, que tentaram explicar a natureza do conhecimento humano. Para Platão (427 – 347 a.C.), tudo o que é captado pelos sentidos, é pura aparência. A verdadeira realidade é uma ideia ou forma essencial, que é permanente e imutável. Para ele, o mundo das ideias tinha uma nítida primazia sobre o mundo dos sentidos, este sim, transitório e ilusório (Ponczek, 2002, 60).

Aristóteles (384 - 322 a.C.), por outro lado, abordou o conhecimento em termos de regras – o silogismo – que era aprendido a partir da experiência. Esta posição filosófica, posteriormente defendida por John Locke (1632-1704), David Hume (1717-1776) e outros, ficou conhecida por empirismo.

Outros filósofos, como René Descartes (1596-1650) e Gottfried Leibniz (1646-1716), apesar de terem sistemas próprios de pensamento filosófico concordavam que o conhecimento só poderia ser obtido pelo pensamento e raciocínio – posição conhecida como racionalismo (Thagard, 2002).

No século XVIII, Immanuel Kant (1724-1804) reuniu o racionalismo com o empirismo, reconhecendo que o conhecimento é fruto de uma síntese entre a experiência e o conceito pressupondo que sem os sentidos não teríamos consciência dos objetos, mas sem o entendimento não poderíamos formar nenhuma concepção do objeto. (Osborne & Edney, 1998).

O estudo da mente permaneceu o centro de interesse da filosofia até ao século XIX, quando a psicologia experimental entrou em cena, desenvolvida por Wilhelm Wundt (1832-1920) e os seus colaboradores, para estudar as operações mentais de forma mais sistemática. Em poucas décadas porém, a psicologia experimental ficou dominada pelo *behaviorismo* (comportamentalismo), uma tendência que praticamente negava a existência da mente (Thagard, 2002). Em 1913, um dos fundadores desta escola, John B. Watson (1878-1958) apregoava que a psicologia deveria restringir-se a examinar as relações entre os estímulos observáveis e as respostas comportamentais observáveis. A consciência e as representações mentais foram banidas das discussões científicas, especialmente na América do Norte, sendo que, o *behaviorismo* dominou o

enfoque psicológico ao longo dos anos 1940 e 1950. Tudo se alterou com a revolução cognitiva que marcou os anos 60.

1.1.1 A Psicologia Cognitiva vs. Behaviorismo

Foi com uma publicação de George Miller (1956) que este panorama começou a mudar. Miller sintetizou numerosos estudos que mostravam que a capacidade do pensamento humano é limitada. Por exemplo, a memória de curto prazo é limitada por cerca de sete itens. Ele propôs que as limitações da memória poderiam ser ultrapassadas se a informação fosse recodificada como *chunks*, ou representações mentais que requerem procedimentos mentais para codificar e decodificar a informação (Simon, 1974). No entanto a memória a curto prazo não ultrapassa os ditos *chunks*.

Nesta época, John McCarthy, Marvin Minsky, Allen Newell e Herbert Simon, fundaram o campo da inteligência artificial. Concomitantemente, Noam Chomsky (1957, 1959) rejeitou a suposição *behaviorista* para a linguagem como um hábito aprendido, rebatendo que a habilidade das pessoas de entender a linguagem era devido a uma gramática mental inata constituída por regras.

Os últimos seis pensadores, que foram citados, são considerados os fundadores da Ciência Cognitiva, que resultou de campos como a: psicologia, inteligência artificial, linguística, neurociência, antropologia e filosofia. O desenvolvimento da psicologia cognitiva é justificado basicamente por dois fatores: o fracasso do *behaviorismo* como proposta de cognição humana e o abandono da visão tradicional da ciência. O positivismo lógico (que muito influenciou o *behaviorismo*) é representado pelo filósofo da ciência Karl Popper (1902-1994), entre outros (Eysenck & Keane, 1990). Estes mesmos autores registaram que a ênfase dada pelo *behaviorismo* ao fenómeno observável é ainda detetada na psicologia cognitiva contemporânea. Por outro lado, há contrapontos entre a psicologia cognitiva e o *behaviorismo*, existindo traços de continuidade entre estes dois paradigmas. Em relação às diferenças, refere-se o seguinte:

- ✓ A psicologia cognitiva oferece-nos a imagem de um sujeito ativo que não está limitado a responder passivamente aos estímulos do meio, pelo contrário, elabora-os significativamente, organizando a sua atividade referente a planos e estratégias que controlam e guiam a sua conduta.

- ✓ A psicologia cognitiva propõe noções explicativas que pressupõem uma determinação hierárquica e recursiva do comportamento, contra as explicações do behaviorismo em termos de *cadeias* de elementos que o determinam ou o condicionam de forma linear.
- ✓ O reducionismo das explicações *E-R* (estímulo – resposta) contrapõe-se à proliferação de conceitos internos da psicologia cognitiva, relativos a estratégias, planos, processos e representações, esquemas e estruturas que organizam as funções dos pensamentos.

Segundo Rivière:

«[...] os traços de continuidade entre os dois paradigmas podem ser identificados, por exemplo, no emprego de modelos explicativos mecanicistas, ainda que varie o tipo de máquina que seja usada como metáfora e na perspectiva solipsista² na análise da gênese do comportamento – características que identificam alguns modelos behavioristas com as teorias computacionais mais rigorosas da psicologia cognitiva (...)» (1987, 16)

Do ponto de vista externo, a emergência do cognitivismo sofreu a influência de fatores sociais, históricos e de outras disciplinas científicas. A Psicologia Cognitiva resulta de um *insight* científico, da organização tecnológica e de certos interesses produtivos dominantes nas sociedades tecnologicamente mais desenvolvidas. Por isso, os modelos explicativos mais típicos da Psicologia Cognitiva localizam-se no referencial da inteligência artificial. Simultaneamente cresce a reivindicação de uma Ciência Cognitiva, concebida por uns, como um sabor unitário e, por outros, como uma ciência interdisciplinar, da qual a Psicologia Cognitiva constituíra uma disciplina particular (Gardner, 1985).

Apesar das críticas sobre algumas formulações da Psicologia Cognitiva, ou seja, as formas de reducionismo subjetivas – a primazia das estruturas e processos do sujeito na explicação do conhecimento – e o reducionismo individualismo, Rivière (1987) reconhece que o desenvolvimento da Psicologia Cognitiva trouxe consigo uma modificação profunda do modelo ou da imagem do sujeito com o qual é feita a psicologia, privilegiando uma compreensão mais profunda do que a que era conhecida

² Solipsista: é aquele que acredita que a única realidade no mundo é o «eu», a sua mente.

sobre as funções superiores e mais complexas do conhecimento – percepção, memória, linguagem e pensamento. Importa, pois, o processamento da informação.

Rivière propõe o conceito de que, a Psicologia Cognitiva possui limites não definidos e que os seus exemplares são desigualmente representativos e não definidos pelos mesmos atributos. É organizada em torno de certos elementos que são os modelos computacionais e as teorias do processamento da informação, mas tem fronteiras imprecisas em torno de outros exemplares teóricos, como o estruturalismo genético da escola de Genebra (Piaget, 1896 - 1980) e as ideias sobre a génese sociocultural das funções superiores da escola de Moscovo (Vygotsky, 1896 - 1934).

Para Rivière, o mais geral e comum que pode ser dito sobre a psicologia cognitiva é:

«[...] remete a explicação da conduta a entidades mentais, a estados, processos e disposições de natureza mental para os quais reclama um nível de discurso próprio, que é distinto daqueles que se limita ao estabelecimento de relação entre eventos e condutas externas – característicos da psicologia experimental da conduta – e ao que se refere aos processos fisiológicos subjacentes à função mental.» (1987, 21)

Gardner (1985) estabelece uma conceptualização semelhante, também sugerindo uma separação entre o nível mental (plano da consciência), o neurofisiológico e o sociocultural. Para a escola de Moscovo, as funções superiores são precisamente o resultado de uma génese sociocultural, o que nega a possibilidade desta separação. Mas segundo Rivière (1987), a interpretação desta independência do plano cognitivo em relação aos demais, deve ser feita no sentido de que trata de expressar o facto de que na conduta se dão certas regularidades que vão além de associações ou razões intencionais conscientes.

Um outro pressuposto da Psicologia Cognitiva, que contribui para justificar a suposição de um certo grau de autonomia funcional das entidades mentais, refere-se à ideia de que as funções de conhecimento não estão somente determinadas por funções *de baixo para cima* ou *dirigidas por estímulos*, como também, em menor grau, por funções *de cima para baixo* ou *dirigidas conceptualmente*, sendo que a maioria das atividades apresenta os dois processos atuando simultaneamente (Gardner, 1990).

Rivière (1987) justifica a existência do processo *de cima para baixo* por meio das formas e níveis de organização do próprio sujeito frente às variações das energias físicas do meio.

Uma definição intencionalmente geral, que pode conciliar concepções distintas da Psicologia Cognitiva, é a de arquitetura funcional que expressa uma forma de organização do sistema como tal e que, por isso mesmo, estabelece os seus limites de competências no funcionamento cognitivo do sujeito. Uma característica de todos os seus paradigmas cognitivos é a suposição de que o agente de conduta não é um organismo vazio, ilimitadamente moldável, senão que se define funcionalmente por uma certa organização, uma determinada estrutura ou arquitetura. Ainda que o esquema desta arquitetura seja diferenciado segundo os marcos teóricos dos modelos cognitivos, a suposição da existência desta estrutura, como um recurso explicativo necessário para dar conta da conduta e das funções do conhecimento, é comum. Desta forma, o conceito de arquitetura funcional enriquece e articula o núcleo duro (modelos computacionais e teorias de processamento da informação) da Psicologia Cognitiva.

Para concluir esta introdução sobre a Psicologia Cognitiva é importante reafirmar que não há uma só Psicologia Cognitiva (em sentido amplo), mas várias. O conhecimento pode ser explicado psicologicamente de várias maneiras, todas elas compartilhando alguns pressupostos mínimos comuns (Rivière, 1991).

Existe um nível, pelo menos relativamente autónomo de explicação da mente, em que o funcionamento desta se encontra condicionado por processos e representações do conhecimento. A investigação de tais processos e representações depende do acesso introspetivo. Os termos, tais como, operação, esquema, proposição, plano, imagem mental, que se referem a processos ou estruturas que acontecem na mente, não se justificam pela sua evidência à introspeção, senão pelo seu valor para explicar e prever a conduta. Formam parte do vocabulário da Psicologia Cognitiva em sentido amplo.

Para a atividade específica de resolver problemas, a teoria de representação mental deve procurar explicar como as pessoas raciocinam para atingir os objetivos. Existem pelo menos três tipos de resolução de problemas para serem explicados: o planeamento, tomada de decisão e explicação. O planeamento requer que o indivíduo descubra como, a partir de um estado inicial pode chegar a um estado final, passando por vários estados intermédios (é o caso do tipo de exercícios presentes nos livros de texto ou exames). Nestas questões são-lhes dadas algumas informações e eles

necessitam de descobrir como calcular a resposta. O estado inicial envolve o que o estudante sabe a respeito da informação na descrição do problema, enquanto o estado final inclui ter uma resposta. O estudante tem de encontrar uma solução através de uma sequência de passos.

Mas o que acontece se houver mais do que um caminho razoável? Neste caso, os sujeitos precisam de tomar uma decisão que frequentemente requer considerações de probabilidades. A decisão deve basear-se mais, e simultaneamente, na meta e na estimativa da probabilidade do que nas ações que levaram a esta meta.

Enquanto no planeamento dos problemas os sujeitos tentam descobrir como alcançar o objetivo, numa explicação eles tentam entender porque alguma coisa acontece. O raciocínio dedutivo lógico pode ou não estar presente (Thagard, 1996, 31).

2.1 O Construtivismo e as Teorias Cognitivas de Aprendizagem

A grande maioria dos trabalhos realizados no âmbito da investigação do ensino das Ciências enquadra-se nas contribuições teóricas provenientes da chamada abordagem construtivista, destacando essencialmente as teorias desenvolvidas por Piaget, Ausubel e Vygotsky, cujos conceitos centrais recordaremos nas seguintes páginas. Antes de mais, é necessário identificar algumas características gerais que definem a abordagem construtivista de modo a perceber qual a conceção da construção do conhecimento que estes autores defendem.

O construtivismo é uma postura psicológica e filosófica, cujo propósito básico se pode resumir na ideia de que os indivíduos são participantes ativos e que devem construir o conhecimento. O grau em que cada autor adere a esta afirmação, é variável. Alguns construtivistas defendem que as estruturas mentais refletem a realidade, enquanto outros pensam que não existe nenhuma realidade fora do mundo mental do indivíduo. Diferem também, na sua visão sobre a contribuição da mediação de professores, companheiros e outros (os designados pares significativos), na construção do conhecimento de um indivíduo.

As diferenças presentes neste paradigma agruparam-se em três tipos de construtivismo (Schunk, 1997):

1. Construtivismo exógeno - defende que a aquisição do conhecimento consiste na reconstrução do mundo exterior, que influi nas opiniões através de experiências, exposição a modelos e ensino; o conhecimento é tão preciso como o reflexo da realidade exterior.
2. Construtivismo endógeno - considera que o conhecimento provém do conhecimento já adquirido e não diretamente das interações com o meio; não é um espelho do mundo exterior, mas sim desenvolve-se por meio da abstração cognoscitiva.
3. Construtivismo dialético - apoia a ideia de que o conhecimento advém das interações dos indivíduos e do seu ambiente; as construções não estão ligadas invariavelmente ao mundo externo, nem são elaborações da mente, mas refletem sim, as consequências das contradições mentais que resultam das interações com o meio.

Consideramos que cada um destes tipos de construtivismo traduz uma visão do mundo que se consideram irreconciliáveis. Ainda assim, acreditamos que cada uma delas possa ser aplicada a determinadas condições da construção do conhecimento, ou seja, cada uma constitui uma metáfora produtiva para compreender as diferentes maneiras de construir o conhecimento que possui cada indivíduo. Consideramos que a diversidade corresponde a uma riqueza desde que exista uma visão analítica eclética. O construtivismo dialético tem assumido cada vez mais importância na psicologia cognitiva atual, embora Pressley, Harris e Marks (1992) considerem o construtivismo exógeno e o construtivismo endógeno como casos especiais do construtivismo dialético. Partindo deste pressuposto, desenvolvemos o nosso trabalho baseando-nos no construtivismo dialético como resultado, também, de uma influência dos seus casos especiais.

2.2. As Teorias Cognitivas da Aprendizagem Significativa

Apoiamo-nos nas reflexões de Moreira (1990) sobre David Ausubel referimos que os conceitos, os tipos e processos de aprendizagem são fundamentais para qualquer teoria educacional. Com a emergência das teorias interacionistas, a aprendizagem deixou de ser estudada e avaliada apenas por resultados e produções exteriorizados pelas ações decorrentes de quem ensina e de quem aprende. Passou a ser vista como

consequência de um processo de interiorização do conhecimento, mediante interações múltiplas entre diversos componentes de um meio. Este processo é entendido, como cognição. O cognitivismo visa identificar e estudar os padrões estruturados presentes no processo de compreensão, transformação e armazenamento e uso da informação. Estes processos têm como eixo fundamental a cognição, caracterizada pela formação de significados, e portanto dos conhecimentos do indivíduo. A estrutura cognitiva é um conjunto de significados construídos a partir das relações com o mundo (Ausubel, 1980; Novak, 1980; Moreira, 2006).

Várias são as abordagens educacionais que estudam o cognitivismo com ênfases em aspetos específicos que consideram determinantes para o processo. De entre estas destaca-se, aqui, a Teoria Cognitiva de David Ausubel, cuja ênfase está na interpretação que faz do conceito de aprendizagem significativa, peça central da sua teoria de aprendizagem.

Para Moreira (1990), na verdade, a teoria deveria ser creditada tanto a Ausubel como a Joseph Novak³. Novak não só divulga, mas aprimora a teoria dotando-a de uma interpretação humanista e aplicando-a através de uma ferramenta de avaliação desenvolvida exclusivamente para esta teoria, denominada de mapa conceptual (a abordagem da teoria segundo Novak será vista mais à frente).

Ausubel defende que a existência de elementos específicos na estrutura cognitiva do indivíduo (ideias, conceitos, informações, proposições)⁴ são referenciais em potencial para a construção de significados para uma nova informação que se quer aprender (ou ensinar). Ausubel chama atenção para esses referenciais, que englobam a estrutura de conhecimentos de base do aprendiz (i.e., daquele que irá aprender algo): «Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte- o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Descubra isso e ensine-o de acordo» (Ausubel, 1980, 5).

Moreira (1999c), um grande divulgador da teoria de Ausubel - Novak, chega mesmo a ser taxativo quando refere que,

³ Moreira foi orientando de Doutoramento de Novak na Universidade de Cornell, em 1977, com uma tese sobre o efeito de uma abordagem ausubeliana ao currículo de um curso introdutório de electromagnetismo.

⁴ Ao longo do texto será comum o uso destes termos como sinónimos funcionais, i.e., entende-se, daqui adiante, por elementos constituintes na estrutura cognitiva de um indivíduo as ideias, conceitos, quaisquer informações constituintes de significado próprio e que possam relacionar entre si para comporem proposições.

«[...] para ser bom professor é preciso ser construtivista, promover a mudança e facilitar a aprendizagem significativa». Ao ser questionado do porquê da escolha para a sua tese do referencial teórico de Ausubel, respondeu: «A teoria é simples, faz sentido, encaixa na experiência de quem está acostumado ao ensino em sala de aula. Parece uma sistematização de coisas que já se sabe sobre aprendizagem, mas que não se dá conta de como são importantes.» (Moreira, 1990, 67).

O nosso principal papel enquanto professores na promoção de uma aprendizagem significativa, é o de desafiar os conceitos já aprendidos, para que eles se reconstruam mais ampliados e consistentes, tornando-se, assim, mais inclusivos em relação a novos conceitos. Quanto mais elaborado e enriquecido é um conceito, maior possibilidade ele tem de servir de parâmetro para a construção de novos conceitos. Isso significa dizer que quanto mais sabemos, mais temos condições de aprender. Assim cabe ao professor promover um ensino adequado a cada contexto de sala de aula.

2.3. A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

A ideia fundamental da teoria de Ausubel é a de que a aprendizagem significativa é um processo em que as novas informações ou conhecimentos estejam relacionados com um aspecto relevante, existente na estrutura de conhecimentos de cada indivíduo (Novak, 2000, 51). Na sua teoria, Ausubel (1963, 1968, 1978, 1980) investiga e descreve o processo de cognição segundo uma perspectiva construtivista. Esta teoria ficou conhecida como Teoria da Aprendizagem Verbal Significativa, por privilegiar o papel da linguagem verbal. Foi o próprio psicólogo que optou por renomeá-la de Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS).

O princípio norteador da teoria de Ausubel, baseia-se na ideia de que para que ocorra a aprendizagem, é necessário partir daquilo que o aluno já sabe. Ausubel preconiza que os professores devem criar situações didáticas com a finalidade de descobrir esses conhecimentos. Estes conhecimentos foram designados por ele, como conhecimentos prévios. Os conhecimentos prévios seriam os suportes em que o novo conhecimento se apoiaria. O autor denomina este processo de ancoragem. Esta teoria procura explicar os mecanismos internos que ocorrem na estrutura cognitiva humana em relação ao processo de aprendizagem. Embora já tenha sido classificada como uma

teoria condutivista, a TAS focaliza e entende a aprendizagem de modo cognitivista e procura explicar também como os conhecimentos estão estruturados na mente humana.⁵ O foco principal das suas investigações foi a aprendizagem escolar, por este motivo acreditamos que as suas ideias sobre a aprendizagem podem contribuir para melhorar os processos de ensino e de aprendizagem. Ausubel propõe, portanto, uma teoria que enfatiza a aprendizagem que ocorre em ambiente escolar. A sua teoria baseia-se na premissa de que a mente humana possui uma estrutura organizada e hierarquizada de conhecimentos. Essa estrutura é continuamente diferenciada pela assimilação de novos conceitos, proposições e ideias. A TAS por enfatizar e preocupar-se essencialmente com os conceitos, com os conteúdos académicos e com os aspetos cognitivos da aprendizagem, tem sido vista como intelectualista e criticada por não valorizar outras dimensões da aprendizagem.

Coube a Novak (1978, 1980, 1983, 1998) desenvolver, refinar e divulgar os pressupostos da TAS e acrescentar os aspetos que são de domínio afetivo, dando um carácter mais humanista à teoria de Ausubel, ao considerar que «a aprendizagem significativa subjaz à integração construtiva entre, pensamento, sentimento e ação que conduz ao engrandecimento humano» (Novak, 1998, 15). Para o autor, as atitudes e sentimentos positivos em relação à experiência educativa radicam na aprendizagem significativa, facilitando-a. A aprendizagem significativa caracteriza-se pela interação de uma informação com um aspeto relevante da estrutura cognitiva do sujeito, e não a qualquer aspeto. Uma informação é aprendida de forma significativa, quando se relaciona com outras ideias, conceitos ou proposições relevantes e inclusivos(as) que estejam claros e disponíveis na mente do indivíduo e funcionem como âncoras.

A proposição (relação entre dois conceitos por uma ligação) de uma hierarquia na organização cognitiva do indivíduo é de extrema importância, quando se trata da aprendizagem de conceitos científicos. Uma vez que o conhecimento científico é constituído por uma rede de conceitos e proposições, formando uma verdadeira teia de relações. Quando uma informação não é aprendida de forma significativa ela é aprendida de forma mecânica. Ao contrário da aprendizagem significativa, na aprendizagem mecânica as informações são aprendidas praticamente sem interagir com informações relevantes presentes na estrutura cognitiva. A nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal.

⁵ Considera-se aqui a mente humana tendo presente a sua estrutura cognitiva.

No entanto, Ausubel (1980, 2000) não vê incompatibilidade entre a aprendizagem mecânica e a significativa interpretando-as como um *continuum*. Segundo este autor, a aprendizagem mecânica é inevitável no caso de conceitos inteiramente novos para o aluno, mas posteriormente transformar-se-á em significativa. Somente no decorrer do tempo, com a aquisição das ideias-âncoras é que o conceito passará a ter significado para o aluno. Objetivando acelerar este processo, Ausubel (1980, 2000) sugere a manipulação da estrutura cognitiva do aluno através do uso de organizadores prévios. O conceito e relevância desses instrumentos serão tratados no decorrer deste capítulo.

Novak salienta que a aprendizagem significativa apresenta quatro grandes vantagens sobre a aprendizagem por memorização ou mecânica:

- 1.1. “Os conhecimentos adquiridos significativamente ficam retidos por um período maior de tempo;
- 2.1. As informações assimiladas resultam num aumento da diferenciação das ideias que serviram de âncoras, aumentando assim, a capacidade de uma maior facilitação da subsequente aprendizagem de materiais relacionados.
- 3.1. As informações que não são recordadas (são esquecidas) após ter ocorrido a assimilação, deixando ainda um efeito residual no conceito assimilado e em todo o quadro de conceitos relacionados.
- 4.1. As informações apreendidas significativamente podem ser aplicadas numa enorme variedade de novos problemas e contextos.” (1980, 61)

Muitas vezes, no ensino da Física, aos alunos é-lhes exigido que aprendam uma gama de conceitos, que não lhes são familiares, sem que antes tenham adquirido um corpo adequado de subordinadores relevantes num nível adequado de inclusividade. Os alunos possuem essas ideias de base mas, elas não estão ativadas. Caberia então ao professor descobrir esses conhecimentos prévios, ativá-los e a partir disso ensinar o novo tema, numa perspectiva de aprendizagem significativa.

Ausubel (1980, 2000) chama as ideias que proporcionam ancoragem de subordinadores, integradores ou *subsunçores*. Para Moreira (1999, 2006) o *subsunçor* constitui, um conceito, uma ideia ou uma proposição, já existente na estrutura cognitiva,

capaz de servir de ancoradouro a uma nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o sujeito.

Novak destaca que,

«No decurso da aprendizagem significativa, as novas informações são ligadas aos conceitos na estrutura cognitiva. Normalmente esta ligação ocorre quando se ligam conceitos, mais específicos e menos inclusivos, a outros mais gerais, existentes na estrutura cognitiva. [...] A justificação para se adicionar estes termos reside no papel fundamental que os subsunçores desempenham na aquisição de novas informações. [...] o papel de um conceito integrador na aprendizagem significativa é interativo, facilitando a passagem de informações relevantes, através das barreiras perceptivas e fornecendo uma base para a ligação entre as informações recentemente aprendidas e os conhecimentos anteriormente adquiridos.» (2000, 59)

Segundo Ausubel, a aprendizagem significativa pode ocorrer por receção ou por descoberta. Na aprendizagem recetiva, a informação é apresentada ao aluno na sua forma final, já na aprendizagem por descoberta, o conteúdo a ser aprendido necessita ser descoberto pelo aluno. A aprendizagem por descoberta pressupõe que o próprio indivíduo descubra o conhecimento dependendo de seus próprios recursos.

Ausubel considera que a relação custo-benefício deste tipo de empreendimento é pouco considerável:

«A abordagem da descoberta não oferece vantagens flagrantes exceto no caso muito limitado de uma tarefa de aprendizagem mais difícil, quando o aprendiz ou está no estágio concreto do desenvolvimento cognitivo, ou, se geralmente no estágio abstrato, ele carece de uma sofisticação mínima num campo determinado de conhecimentos.» (1980, 448)

O autor destaca ainda, que se o aluno tivesse que descobrir todo o conhecimento, não haveria tempo suficiente para isso no decorrer da sua vida escolar e haveria um alto custo na implementação de situações para que isso ocorresse. No entanto, em alguns momentos é possível recorrer a este tipo de aprendizagem como apoio didático para determinadas aprendizagens.

A aprendizagem por descoberta ou por receção pode ou não ser significativa. Moreira (1999,17) destaca que pode ocorrer uma sobreposição entre os conteúdos

aprendidos por receção e por descoberta, uma vez que aqueles aprendidos por receção são utilizados na descoberta de soluções de problemas.

Ausubel (1980) considera que as aprendizagens por receção e por descoberta situam-se ao longo de um *contínuum* de aprendizagens significativa e mecânica. Estas podem ser observadas nas figuras C e D. Na Figura C são apresentadas as formas típicas de aprendizagem por receção e por descoberta. Nota-se, por exemplo, que no caso das aulas teóricas (muito difundidas na sala de aula) elas situam-se num ponto intermédio do contínuo entre aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa.

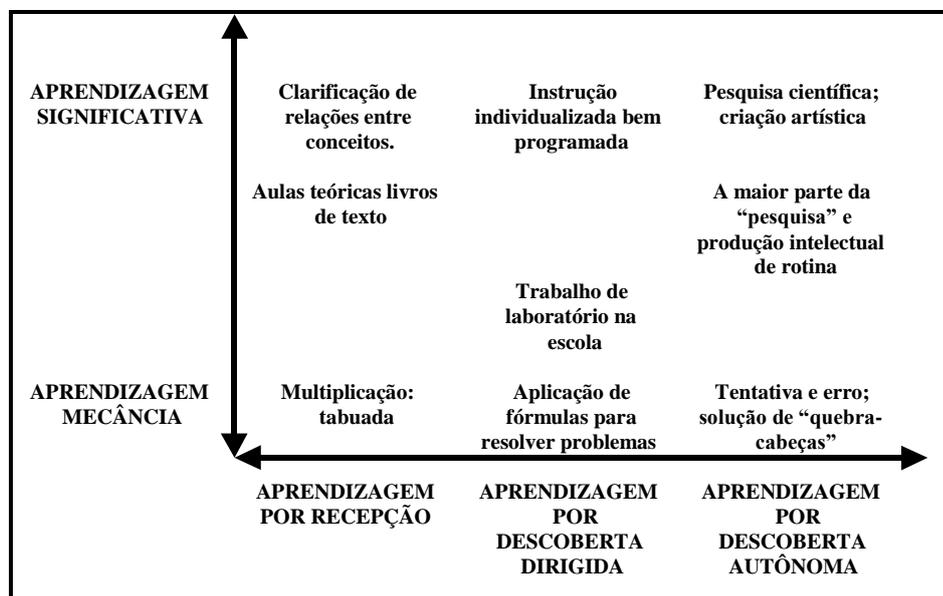


Figura C - Aprendizagem por receção e descoberta encontram-se num *continuum* distinto entre aprendizagem mecânica e significativa. Quer o ensino se dê por receção ou por descoberta, ambos podem levar à aprendizagem mecânica ou significativa (Joseph D. Novak, *Aprender, criar e utilizar o conhecimento*, 1998,38)

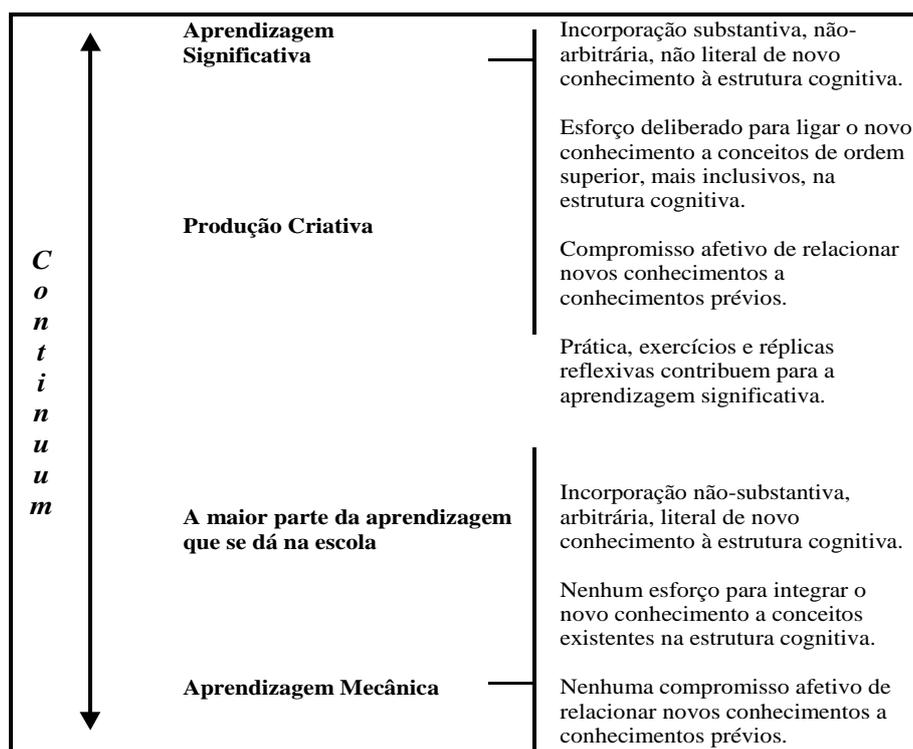


Figura D - O *continuum* da aprendizagem mecânica - aprendizagem significativa (Joseph D. Novak, *Aprender, criar e utilizar o conhecimento*, 1998, 41)

Nesse sentido, é que Ausubel (1980) não vê uma relação direta entre a aprendizagem por recepção e mecânica, ou seja, para ele a aula expositiva não gera necessariamente uma aprendizagem mecânica, assim como a aprendizagem por descoberta não conduzirá, necessariamente à aprendizagem significativa. Existem, no entanto, diversas formas de combinação desses elementos, de tal forma que podemos ter aprendizagem por recepção (aula expositiva) e aprendizagem significativa. A mesma coisa acontece em relação à aprendizagem por descoberta (aprendizagem dirigida, induzida por problemas) que pode gerar aprendizagem mecânica se se limitar apenas à aplicação de fórmulas. Para ele, o pico da aprendizagem significativa seria aquele que se situa no extremo dos dois contínuos, ou seja aquele que resulta por exemplo da pesquisa científica que advém da combinação entre aprendizagem por descoberta autônoma e aprendizagem significativa.

Ausubel (1980) lembra que a escola, ainda hoje, privilegia as aulas expositivas, apesar de todas as críticas a elas endereçadas. No entanto, ele não descarta a possibilidade de ocorrência de aprendizagem significativa dentro desta perspectiva, desde que sejam respeitados alguns pressupostos como por exemplo, a identificação de conhecimentos relevantes que sirvam de *âncoras* à nova aprendizagem, na mente do aluno. Para Ausubel (1980), a aprendizagem recetiva-significativa é importante para a

educação porque é o mecanismo humano, por excelência, de aquisição e armazenamento de uma vasta quantidade de ideias e informações representadas por algum campo de conhecimento.

Ausubel (1980) considera que a aprendizagem recetiva-significativa é um processo ativo, mas requer uma análise dos conhecimentos prévios existentes, a fim de avaliar:

- ✓ os aspetos da estrutura cognitiva do sujeito mais relevantes para que o novo material – potencialmente significativo – possa interagir;
- ✓ o grau de harmonia entre as ideias existentes na estrutura cognitiva – ou seja a apreensão de ideias da mesma natureza ou que apresentem diferenças, e resolução de problemas, onde haja contradições reais ou aparentes entre aqueles conceitos e proposições novas e as já estabelecidas;
- ✓ a diferenciação do material aprendido em termos da experiência pessoal de cada indivíduo.

Trata-se de proporcionar ao aluno situações que sejam potencialmente problemáticas e desestabilizadoras, mas que esteja dentro das possibilidades de resolução do aluno.

Ausubel considera que à medida que a aprendizagem significativa ocorre, mais aparecem conceitos integradores. Este aperfeiçoamento dos significados conceptuais ocorre melhor, quando se introduzem primeiro os conceitos mais gerais e inclusivos e depois se diferenciam, progressivamente, estes conceitos em termos de pormenores e especificidades (Novak, 2000, 63). É através da aprendizagem significativa que as novas ideias aprendidas ficarão durante mais tempo disponíveis na estrutura cognitiva do aluno. Sem receio de ser redundante, aprender de forma significativa, nada mais é do que aprender com sentido ou com significado. Este tipo de aprendizagem permite a evocação das ideias aprendidas quando elas se fizerem necessárias, devido ao facto de serem mais estáveis e disponíveis na mente do sujeito.

Para Ausubel (1980), é no decurso da aprendizagem significativa que o significado lógico do material apresentado ao sujeito passa a ter significado psicológico. O significado psicológico tem a característica de idiosincrasia, uma vez que é próprio

de cada sujeito aprendente. O significado que o sujeito dá ao material aprendido tem a «marca» do próprio sujeito. Não basta que o material a ser apresentado ao sujeito seja significativo (a maioria dos materiais escolares são-no), mas é necessário que o sujeito tenha os subsunçores (requisitos) necessários para «pendurar» os novos conceitos aprendidos. Muito embora, a aprendizagem seja idiossincrática, numa determinada cultura, os diferentes membros compartilham muitos conceitos e proposições que são similares, permitindo a compreensão e comunicação interpessoal. Assim, existem muitos conhecimentos que são compartilhados pelo grupo social.

2.3.1 Condições Essenciais à Aprendizagem Significativa

Segundo Ausubel (1980) existem três condições essenciais para que ocorra a aprendizagem significativa no aluno, que descrevemos a seguir:

- ✓ Não-arbitrariedade do material - Entende-se por não – arbitrariedade quando o material potencialmente significativo apresentado ao sujeito, se relaciona de forma regrada com as ideias pré-existentes na sua estrutura cognitiva. O material é dito potencialmente significativo quando, este apresenta a propriedade de ser relacionável com a estrutura cognitiva pré-estabelecida do sujeito. Esta relação não ocorre com qualquer ideia, mas com as ideias relevantes existentes. Esses novos conhecimentos aprendidos «ancoram-se» em conhecimentos anteriores ditos *subsunçores*. Ausubel considera ainda que o material é potencialmente significativo, quando este se encontra dentro da capacidade humana de aprender.
- ✓ Substantividade - Esta condição pressupõe que ao aprender de forma significativa, retém-se a *substância* das novas ideias e não as palavras precisas usadas para a sua expressão. Desta forma, o mesmo conceito ou proposição pode ser expresso de diferentes maneiras, mediante símbolos distintos ou grupos de símbolos, que são equivalentes em termos de significados.
- ✓ Disponibilidade do sujeito para a aprendizagem significativa - é a predisposição favorável do sujeito para essa mesma aprendizagem.

A expressão «predisposição favorável do sujeito» indica que é relevante o que o sujeito sente. Neste sentido, as contribuições de Ausubel, Novak & Hanesian, (1980) à teoria da aprendizagem significativa, conferem-lhe uma visão mais humanista. Novak (1980, 19), de certa forma amplia a teoria ao defender que o sujeito pensa, sente e age e que as experiências de aprendizagem potencialmente significativas são aquelas que o levam a um crescimento pessoal, proporcionando ao mesmo tempo um certo domínio conceptual que lhe permita o uso eficiente na solução de problemas reais, do dia-a-dia.

Entre o educador e o educando, ou seja, aquele que quer ensinar e aquele que se predispõe a aprender, estabelece-se uma via com dois sentidos. Segundo Moreira (1999, 35), qualquer evento educativo é, e parafraseando Novak, uma ação para trocar significados (pensar) e sentimentos entre o aprendiz e o professor. Novak identifica os elementos envolvidos nos processos ensino e de aprendizagem como sendo: «o aprendiz, o professor, o conhecimento, o contexto e a avaliação» (1980, 13). Este último elemento não aparecia originalmente na Teoria da Aprendizagem Significativa e Novak foi o primeiro a introduzir de forma primordial a avaliação como um dos elementos dos processos de ensino e de aprendizagem. Ao ensinar, o professor apresenta aos seus alunos os significados que são aceites por um grupo de pessoas (neste caso, os cientistas) num determinado período da história humana e que constituem os conhecimentos reconhecidos como válidos num determinado contexto. Só quando o professor sabe que aquilo que o aluno aprendeu é aquele conhecimento cientificamente aceite, é que é pedido ao aluno para exteriorizar aquilo que aprendeu. Isto constitui a avaliação de conhecimento.

O conhecimento aprendido de forma significativa tem a propriedade de ser utilizado em diversos contextos. Não são exteriorizados de forma literal como foram aprendidos.

Moreira (2006) define os seguintes princípios norteadores Para este autor, da Teoria da Aprendizagem Significativa, que segundo ele, deveria ser conhecida como a teoria de Ausubel & Novak:

- a) “Todo evento educativo envolve cinco elementos: aprendiz, professor, conhecimentos, contexto e avaliação (Ver figura E).

- b) Pensamentos, sentimentos e ações estão interligados, positiva ou negativamente.
- c) A aprendizagem significativa requer: disposição para aprender, material potencialmente significativo e algum conhecimento relevante.
- d) Atitudes e sentimentos positivos em relação à experiência educativa têm raízes na aprendizagem significativa e, por sua vez, facilitam-na.
- e) O conhecimento humano é construído; a aprendizagem significativa subjaz a essa construção.
- f) O conhecimento prévio do aprendiz tem grande influência sobre a aprendizagem significativa de novos conhecimentos.
- g) Significados são contextuais; aprendizagem significativa não implica aquisição de significados corretos.
- h) Conhecimentos adquiridos por aprendizagem significativa são muito resistentes a mudanças.
- i) O ensino deve ser planejado de modo a facilitar a aprendizagem significativa e a conduzir a experiências afetivas positivas.
- j) A avaliação da aprendizagem deve procurar evidências de aprendizagem significativa.
- k) O ensino, o currículo e contexto também devem ser avaliados.
- l) Mapas conceituais podem ser representações válidas da estrutura conceptual/proposicional de conhecimento de um indivíduo; podem ser instrumentos de meta - aprendizagem.
- m) O «V» epistemológico⁶ pode ser útil para compreender a estrutura do conhecimento; pode ser instrumento de meta conhecimento.
- n) Mapas conceituais e diagramas podem ser instrumentos efetivos de avaliação da aprendizagem.” (2006, 41)

⁶ O presente trabalho não objetivou o uso deste recurso, Segundo Moreira (1990, 7) Gowin propôs esse «V» como um instrumento heurístico para análise da estrutura do processo de produção de conhecimento, ou para identificar sistematicamente conhecimentos documentados sob a forma de artigos de pesquisa, livros, ensaios, a fim de tornar esses conhecimentos adequados para propósitos de instrução.

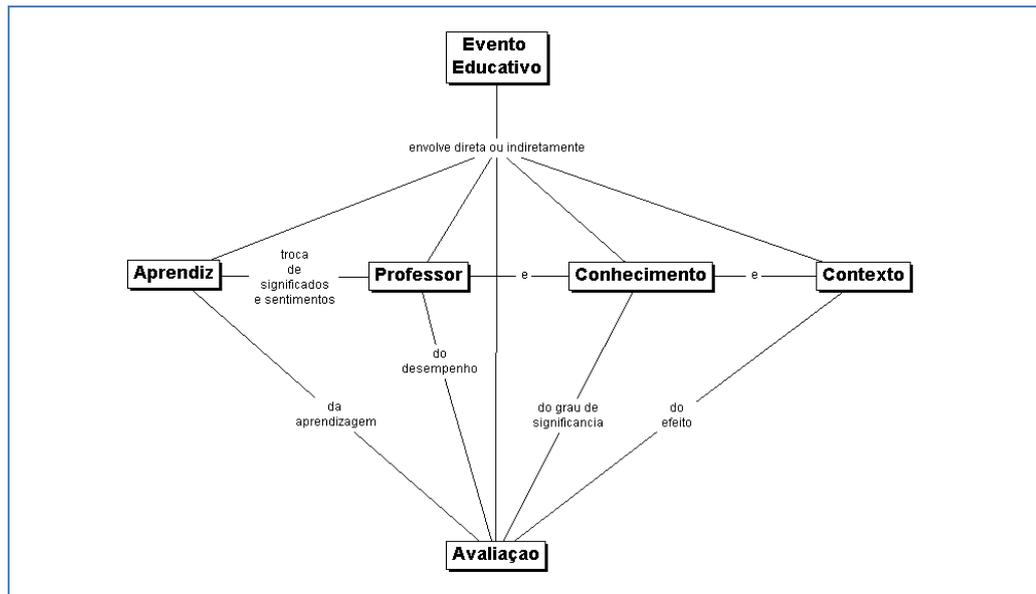


Figura E - Mapa conceitual (modificado) com os cinco elementos de Novak (1998, 41)

2.3.2 Como ocorre a Aprendizagem Significativa

Segundo Ausubel (1980), dependendo da natureza do material a ser aprendido e da estrutura cognitiva do aprendiz, a aprendizagem pode se dar por subordinação correlativa ou derivativa, superordenada ou combinatória. Cada tipo de aprendizagem e respetivo processo encontram-se descritos nos pontos seguintes.

2.3.2.1. *A Aprendizagem Subordinativa e o Processo de Assimilação*

No processo de subordinação, a assimilação dá-se quando uma ideia, conceito ou proposição que sejam potencialmente significativas, são assimiladas por um *subsunçor* mais inclusivo existente na estrutura cognitiva do sujeito como, um exemplo, extensão, elaboração ou qualificação do mesmo (Moreira, 1999).

Para Ausubel (2000), portanto, as proposições podem ser aprendidas e retidas por mais tempo, além disso, uma vez que a organização hierárquica da estrutura cognitiva é, por si só, ilustrativa do princípio subordinativo, parece razoável supor que o modo subordinativo da aprendizagem significativa deve ser utilizado sempre que possível.

Neste sentido é lícito supor que na aprendizagem escolar seja enfatizada a aprendizagem subordinativa tendo em vista a aprendizagem significativa. No processo de aprendizagem por subordinação a nova ideia, conceito ou proposição, ao ser

assimilada, modifica também a ideia de esteio já existente, como ilustra o esquema seguinte⁷.

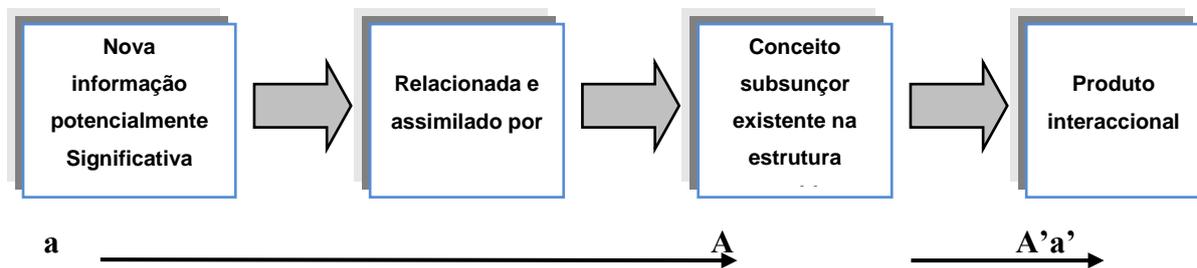


Figura F - Processo de Assimilação (Adaptado de Moreira, 2006, 29)

O produto interaccional $A'a'$ é dinâmico podendo sofrer modificações no decorrer do tempo. Ausubel considera que, por algum tempo, o produto interaccional $A'a'$ é passível de dissociação em A' e a' , favorecendo assim a retenção de a' .

No entanto, no decorrer do tempo as novas ideias tendem a ser esquecidas, sendo assimiladas pelos subsunçores. Ele denominou obliteração a esse processo em que a nova ideia torna-se menos dissociável na estrutura cognitiva, até que não seja mais possível evocá-las de modo isolado. Essas ideias são, portanto, assimiladas e reduzidas com o passar do tempo. O processo é complexo, visto que a nova informação também pode relacionar-se com outros subsunçores. Após a fase de obliteração, $A'a'$ reduz-se a A' e isto caracterizaria o esquecimento. A ideia representada por a' dificilmente poderá ser evocada da mesma maneira que foi assimilada.

A aprendizagem subordinada pode ocorrer de duas maneiras: por derivação e por correlação. Pela aprendizagem derivativa o novo material é assimilado como um exemplo específico de um conceito previamente estabelecido na mente do sujeito, ou então de alguma maneira, ilustra uma proposição mais geral. Neste caso, o novo material tende a sofrer os efeitos da obliteração.

Quando o conceito básico de mamífero está disponível e claro na estrutura cognitiva do aluno, fica mais fácil apreender por derivação que a baleia e o morcego também pertencem ao mesmo grupo. É mais fácil aprender por derivação, desde que o conceito subsunçor esteja claro, disponível e estável na estrutura cognitiva do sujeito.

⁷ O esquema refere-se ao processo de assimilação. Modificado a partir do esquema proposto por Moreira (1999, 24).

No entanto, torna-se também mais fácil o esquecimento do novo material, subsumido pela estrutura cognitiva que tende a reduzir-se a um menor denominador.

O processo usual de aprendizagem de novos conceitos dá-se através da aprendizagem correlativa, que é quando uma nova ideia é um exemplo que contribui para aumentar o significado de uma ideia mais ampla que já se sabe.

2.4. Novas Contribuições à Teoria da Aprendizagem Significativa

O modelo de transmissão e aquisição conceptual, largamente utilizado no ensino de Física, baseado na transmissão de conceitos, seja através aulas expositivas, de experiências demonstrativas ou leitura de textos informativos, não tem apresentado resultados satisfatórios. Estas aquisições conceptuais baseiam-se na ideia simplista de que a aprendizagem se dá pelo acréscimo de conceitos à estrutura cognitiva do aluno, não conseguindo, portanto, romper com os conhecimentos espontâneos já estabelecidos. Neste sentido é que emergem as ideias de mudança conceptual, campo conceptual, preconceções ou conceitos espontâneos.

Santos considera que a aprendizagem por transmissão constitui um paradigma da pedagogia que está em crise:

«Neste modelo, presume-se que o professor pode transmitir ideias pensadas por si próprio ou por outros (conteúdo) ao aluno que as armazena sequencialmente no seu cérebro (recetáculo). Ou seja, o professor ‘dá a lição’, imprime-a em arquivadores de conhecimento e pede, em troca, que os alunos usem a sua atividade mental para acumular, armazenar e reproduzir informações.» (1992, 13)

Neste sentido, o aparecimento de uma nova teoria baseada no modelo de mudança conceptual, com perspetivas construtivistas, baseado na construção/reconstrução conceptual, pode estabelecer um salto qualitativo na Didática das Ciências (ou Educação em Ciências), favorecendo a aprendizagem de forma significativa. Para isso há que considerar os conhecimentos que os alunos já apresentam, uma vez que considera que,

«[...] é a atividade do sujeito que permite (re)organizar os conhecimentos em esquemas, cada um com sua estrutura própria. Esta atividade tem por base construções prévias não formais, pelas quais o aluno, de forma mais ou menos espontânea,

inconsciente e imediata faz representações do mundo que o cerca. Este entendimento da atividade do aluno pressupõe, ao contrário dos modelos e aquisição conceptual, que o processo de construção não se inicia na escola.» (1992, 27)

Para que os alunos possam também transitar para determinado campo conceptual é necessário que os conceitos subjacentes a um determinado tema estejam claros, estáveis e hierarquizados na estrutura cognitiva do sujeito. Normalmente os professores estão de acordo com o facto de que os alunos trazem para o ambiente escolar muitas concepções, que podem servir como «âncora» para as novas aprendizagens ou tornar-se obstáculos a essas aprendizagens. Essas concepções são muitas vezes aprendidas nos anteriores anos de escolaridade. A verificação dessas concepções pelo professor é particularmente importante antes da introdução de um determinado tema de estudo.

Santos (1992, 138) destaca que, esses conhecimentos, são por vezes erróneas e portanto constituem *concepções alternativas*, que são altamente significativos, para os alunos e, por esse motivo, difíceis de serem mudados, algumas vezes tornam-se verdadeiros obstáculos à aprendizagem de conhecimento cientificamente aceite. Considerando que alguns dos temas de estudo que ocorrem em Física, como as leis de Newton estão relacionados com aprendizagem de uma rede conceptual, que muitas vezes ultrapassa de longe os limites da própria disciplina, o professor não pode desconsiderar, nos processos de ensino e de aprendizagem que ele mesmo demorou muitos anos para tornar estes conhecimentos claros e organizados em sua estrutura cognitiva. Para Giordan e Vecchi (1987) o professor movimenta-se muito bem nessa ala conceptual, sem se questionar se os alunos são capazes de fazer o mesmo e sem considerar que as noções que ele utiliza não estão a ser integradas.

Temos notado, particularmente na nossa prática pedagógica, que os alunos apresentam dificuldades na compreensão da hierarquia entre os conceitos e da subordinação das partes na composição do todo, o que resulta muitas vezes numa aprendizagem de memorização de conteúdos sem que entendam as diversas relações existentes entre os mesmos. Os alunos são forçados a decorar conceitos sem que haja a sua assimilação como conhecimento significativo, visto que eles não passam pelo processo de elaboração compreensiva. Esses conhecimentos não se relacionam com conhecimentos ou experiências anteriores dos alunos e também não serão tomados como ponto de partida para a aprendizagem de conhecimentos subsequentes, conseqüentemente, tendem a ser esquecidos.

Considera-se que o saber conceptual se constrói lentamente, não pela aquisição ou adição de conhecimentos simplesmente, mas pela integração dos novos conceitos e proposições à estrutura cognitiva já existente, de forma não - literal e não - arbitrária. A construção de um conceito científico ocorre de modo progressivo na estrutura cognitiva do aluno. Para Giordan e Vecchi (1987) na aprendizagem de um conceito, os alunos passam por níveis de formulações cognitivas que são determinadas pelo conjunto dos conhecimentos necessários para construir um enunciado. Os níveis de formulação são vários e as representações correspondem «a brotos» do futuro conhecimento. Dada a sua natureza de estabilidade e clareza na estrutura cognitiva, os conhecimentos prévios, evidenciados por Ausubel (2000), tornam-se verdadeiras «molas propulsoras» para aprendizagens posteriores, no entanto, também podem tornar-se obstáculos para a mudança conceptual.

Ausubel chamou de pré-concepções às concepções de natureza espontânea (não científica) presentes na mente de um indivíduo. São essas pré-concepções que podem tornar-se barreiras para as aprendizagens posteriores. Para Santos (1992), as pré-concepções ausubelianas denominadas apenas concepções, constituem aquelas informações que não têm estatuto de conceito científico, diferem significativamente destes, quer a nível de produto quer de processo de construção, funcionando para o aluno como alternativa aos conceitos científicos correspondentes. Cachapuz (2000) destaca que essas concepções existem e ocorrem de forma inevitável no processo educativo, constituindo muitas vezes barreiras para a aprendizagem científica. Cabe ao professor sondar essas concepções e a partir delas organizar o seu ensino. Essas concepções espontâneas não podem ser simplesmente desconsideradas uma vez que são altamente significativas. Para Cachapuz (2000), a aprendizagem significativa apresenta importantes limitações, no que diz respeito à: (1) sobrevalorização dos saberes conceptuais, ficando por esclarecer aspetos essenciais relativos a outras dimensões da aprendizagem; (2) pressuposto da organização hierárquica da mente humana não vale para toda e qualquer aprendizagem; (3) não se atribuir um papel relevante para as competências cognitivas e metacognitivas do aluno; (4) ausência de problematização entre aprendizagem e desenvolvimento. Note-se que o conceito ausubeliano de aprendizagem significativa não envolve a dimensão da construção social do conhecimento, algo que surge na perspectiva vigotskyana.

As críticas de Cachapuz impõem alguns limites à aprendizagem significativa, uma vez que esse autor chama a atenção para alguns aspetos que são pouco considerados por esta, no entanto, não a invalida uma vez que a TAS «deslocou o nosso olhar para o aluno como sujeito de aprendizagem, em particular, para os conceitos preexistentes do aluno como reguladores da sua própria aprendizagem.» (2000, 6)

Nesse sentido, evidencia-se que o processo de aprendizagem apresenta múltiplas facetas e uma única teoria não consegue explicar todas as suas dimensões, por isso é que recorremos a outros estudiosos e suas teorias a fim de compreender melhor o processo.

2.5. Teoria do Desenvolvimento Cognitivo de Jean Piaget

Em termos gerais, pode delinear-se que Piaget (1896-1980), assumindo uma postura construtivista do tipo endógena, suscita que o conhecimento não se adquire somente através da interiorização do ambiente social, uma vez que predomina a construção que a própria pessoa efetua.

Piaget (1936) elaborou um modelo teórico que descreve como os seres humanos dão sentido ao mundo assimilando e organizando a informação. Assim, suscita que a interação de fatores de maturação biológica, atividade e experiências sociais, influenciam as mudanças que o pensamento experimenta, ao longo da vida. Estes fatores encontram-se descritos a seguir.

2.5.1. Maturação, Atividade e Experiências Sociais

A maturação biológica refere-se ao desenvolvimento das alterações biológicas que se encontram programadas geneticamente; neste aspeto do desenvolvimento cognitivo, os pais e professores têm pouca influência.

A atividade, produto da maturação física, aumenta a capacidade de atuar no ambiente e aprender com este, mediante a execução de atividades, que permitem organizar a informação fornecendo a possibilidade de alterar os processos de pensamento. As experiências sociais desempenham um papel importante na transmissão social do conhecimento que uma cultura oferece, e a quantidade de conhecimento que se pode aprender por transmissão social, varia mediante o estágio do desenvolvimento cognitivo.

2.5.2. Organização e Adaptação

Para dar conta das transformações que vão ocorrendo nas estruturas cognitivas, Piaget (1971) defende que os seres vivos apresentam duas tendências básicas ou funções invariáveis: a organização e adaptação.

A organização relaciona-se com a tendência para organizar o pensamento em estruturas psicológicas, as que constituem os seus sistemas para compreender e interagir com o mundo. As estruturas mais simples coordenam-se de forma contínua dando lugar a outras estruturas mais complexas e mais efetivas para compreender o mundo. Estas estruturas psicológicas são os *esquemas*, definidos como os elementos básicos da construção do pensamento e que devem entender-se como sistemas organizados de ações ou pensamento, que permitem representar mentalmente os objetos e eventos do mundo. Os esquemas podem ser muito reduzidos e específicos, por exemplo o esquema de reconhecer uma rosa, ou então ser mais abrangentes ou gerais como categorizar flores.

Por outro lado, a adaptação refere-se à tendência das pessoas adaptarem-se ao ambiente, e nela ocorrem dois processos básicos: assimilação e acomodação.

2.5.2.1. *Assimilação*

A assimilação refere-se à adaptação a novas informações em esquemas pré-existentes adequados à sua compreensão. Isto é, quando uma pessoa enfrenta uma situação nova, tratará de lidar com ela baseando-se nos esquemas que já possui e que sejam apropriados a essa situação. Como resultado, o esquema não muda substancialmente na sua natureza, mas sim amplia-se de maneira a abranger as novas situações. Por exemplo, perante um texto desconhecido, enquanto um sujeito o lê, nota aspetos que lhe recordam um conto infantil, tais como as personagens animais ou um final feliz. Então o sujeito irá ler o texto interpretando-o como um conto infantil e não como uma novela, uma notícia ou uma carta, ou talvez, a linguagem lhe poderá parecer complexa para um conto infantil. Perante esta situação pode acontecer a pessoa aplicar o seu esquema de conto infantil a textos mais complexos. Neste caso, não se criou um novo esquema, mas sim usou-se um anterior para compreender a nova informação (Arancibia *et al.*, 1997).

2.5.2.2. Acomodação

A acomodação, ao contrário da assimilação, produz alterações essenciais nos esquemas; estes modificam-se para incorporar a nova informação, que não é compreensível com os esquemas existentes. No exemplo mencionado no parágrafo anterior, poderia acontecer o sujeito desenvolver um novo esquema, por exemplo algo semelhante ao conceito de fábula, para entender o texto, já que não a satisfaz compreende-lo como um conto infantil. A acomodação do seu conhecimento à situação gera um novo esquema (Arancibia *et al.*, 1997). Em consequência, estes dois processos permitem que os esquemas de um sujeito se mantenham adaptados ao meio ambiente, permitindo o seu contínuo crescimento. Quando um sujeito aprende, esta modifica ativamente os seus esquemas através de experiências ou aplicando esquemas existentes a situações novas. Portanto, a aprendizagem depende do que o sujeito já possui. Para Piaget (1978), a aprendizagem é o que as pessoas fazem dos estímulos e não o que os estímulos fazem delas.

O conceito central da teoria de Piaget que articula os processos de assimilação e acomodação é o conceito de equilíbrio. Neste modelo teórico as mudanças no pensamento ocorrem através do processo de equilíbrio.

Piaget (1978) supunha que as pessoas provam de maneira contínua a suficiência dos seus processos de pensamento para ganhar esse balanço. Se uma pessoa aplicar um determinado esquema a uma situação e este funciona, então existe equilíbrio. Por outro lado, se produzir um resultado insatisfatório, existe desequilíbrio, a pessoa sente-se incomodada e isto motiva-a a procurar uma solução na assimilação e acomodação, portanto o seu pensamento muda e evolui. Com o propósito de manter o equilíbrio entre os seus esquemas para compreender o mundo e as informações que este proporciona, as pessoas assimilam continuamente nova informação utilizando os seus esquemas e acomodam o seu pensamento, quando as tentativas de assimilar são infrutíferas, gerando desequilíbrio.

2.5.2.3. Estádios

O último aspeto da teoria de Piaget que queremos recordar é a ideia de que o desenvolvimento cognitivo sucede-se em estádios, salientando-se quatro grandes etapas: sensorio-motor, pré-operacional, operações concretas e operações formais. Assim, cada estágio pressupõe a existência de um sistema de pensamento qualitativamente diferente

do anterior, ao qual se associa uma transformação na forma de pensar com respeito a etapa anterior. Outra característica importante, é que cada sujeito passe por cada etapa de forma contínua, sem falhar nenhuma. Segundo Piaget, as etapas de desenvolvimento seguem uma sequência invariável, os sujeitos não podem modificar a rapidez da passagem de uma etapa para a outra, pois necessitam de uma certa quantidade de experiências e de tempo suficiente para as interiorizar antes do passo para a etapa seguinte. Os estádios não existem em forma pura, manifestando-se sempre elementos das etapas anteriores e seguintes. Ou seja, ainda que existam atividades que definem cada etapa, num sujeito observam-se sempre elementos de outras etapas (Sprinthall *et al.*, 1996).

O mais importante da noção de estádio é que não existem «tipos puros». É praticamente impossível, com exceção da etapa sensório - motora, encontrar um sujeito com todas as características que definem cada etapa. O que se encontram são tendências de aprendizagem consistentes com uma determinada etapa. Muitos investigadores posteriores a Piaget chegaram a resultados que corroboram a hipótese de que nas primeiras etapas coexistem formas de pensamento básicas com outras mais avançadas, produzindo-se «vazios». Em consequência, é necessário ter presente que as etapas, longe de serem contraditórias, ajudam a aprofundar a compreensão sobre o desenvolvimento. Em cada estádio, o sujeito possui estruturas de pensamento que lhe permite compreender a realidade, mas ao mesmo tempo, também possui algumas formas de pensamento próprias das etapas anteriores e posteriores (Sprinthall *et al.*, 1996).

2.5.2.4. Ajustamento

Também a teoria piagetiana levantou questões importantes relativas ao ensino defendendo que se pode aprender muito da forma de pensar dos sujeitos, ao escutar e observar as suas capacidades de resolver problemas. Afirmava que, se compreendermos o pensamento dos sujeitos teremos uma maior capacidade de adotar métodos de ensino mais compatíveis com as características dos sujeitos.

Surge na teoria de Piaget uma importante implicação para o ensino, o problema do ajustamento. Os alunos não devem aborrecer-se com um trabalho que é muito simples, nem devem atrasar-se com um ensino que não compreendem. O desequilíbrio deve manter-se num ponto que encoraje o crescimento. Se propuserem situações que induzam em erro, pode ajudar a criar um nível apropriado de desequilíbrio, que leve os

estudantes a experimentar algum conflito entre o que pensam que devia acontecer e o que na realidade acontece. Deste modo os estudantes podem reconsiderar a sua compreensão e construir novos conhecimentos (Woolfolk, 1996).

O fundamental na teoria de Piaget é que as pessoas criam o seu próprio conhecimento, a aprendizagem é um processo construtivo. O professor deve procurar que a todos os níveis de desenvolvimento cognitivo, os alunos participem de forma ativa no processo de aprendizagem, sendo capazes de incorporar a informação que se apresenta nos seus próprios esquemas de assimilação. Para isto, deve-se atuar sobre a informação. O ensino deve oferecer aos estudantes a oportunidade de experimentar o mundo.

Outro contributo importante da teoria de Piaget é a habilidade de aplicar em novas situações o que se aprendeu noutra situação. Ao aplicar este princípio os alunos obterão prática na sua utilização. Se este princípio não funciona, produzir-se-á desequilíbrio e talvez, se desenvolvam novas aptidões no pensamento. Por outro lado, os alunos necessitam de interagir com os professores e companheiros para provar o seu pensamento, ser desafiados, receber «retroalimentação» e observar como os outros resolveram problemas. O desequilíbrio é despoletado naturalmente, quando um professor ou outro aluno sugerem novas formas de pensar a respeito de algo. As experiências concretas proporcionam matérias-primas para o pensamento. Em resumo, a teoria de Piaget, procura respostas à pergunta sobre a possibilidade de se conseguir acelerar o desenvolvimento cognitivo.

2.6. A Teoria da Mediação de Lev Vygotsky

2.6.1. Meio Social

Um dos principais contributos de Vygotsky para a psicologia foi considerar a importância das atividades com significado social na consciência. Ele pretendia uma explicação dos processos mentais superiores (pensamento, linguagem, comportamento voluntário) através de uma nova perspetiva, abandonando as explicações dos estados de consciência, e recusando as explicações *behavioristas* das ações, procurando um ponto intermédio que explicasse a influência do meio social na consciência (Howe, 1996).

A teoria do meio social é crucial para a aprendizagem, tendo origem na integração de fatores sociais e pessoais. A atividade social ajuda a explicar as alterações

na consciência que unificam o comportamento e a mente. O meio social influi na cognição através de instrumentos e sinais, isto é, os seus objetos culturais, a sua linguagem e instituições sociais. Para Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo é o resultado da utilização de instrumentos e sinais em inter-relações sociais e de interiorizá-las e transformá-las mentalmente. A sua postura é de um construtivismo dialético pela sua ênfase na interação dos indivíduos com o seu meio (Schunk, 1997).

O núcleo da estrutura teórica de Vygotsky (2001) resume-se nos seguintes pontos:

- a) A crença no método genético (experimental ou evolutivo);
- b) Os processos mentais superiores têm origem nos processos sociais;
- c) Os processos mentais podem entender-se somente mediante a compreensão dos instrumentos e sinais que atuam de mediadores.

Estes temas só podem ser compreendidos através das suas inter-relações, isto é, a noção da origem dos processos mentais aponta para uma análise genética, e a explicação da interação social e dos processos mentais depende das formas de mediação que se encontrem implicadas neles. A originalidade de Vygotsky está na forma como estes três temas se interdefinem (Wertsch, 1995).

2.6.2. Conceito de Mediação

Uma das contribuições mais originais e importantes de Vygotsky é o conceito de mediação. Na sua época, outros autores suscitaram a necessidade de utilizar a análise genética no estudo da mente e contribuíram com argumentos para considerar a origem social da atividade mental, mas foi Vygotsky quem definiu e ampliou estas ideias introduzindo a noção de mediação através do uso de instrumentos e sinais (Vygotsky, 1979).

Como já havíamos salientado, o desenvolvimento cognitivo é a conversão de relações sociais em funções mentais, no entanto, esta conversão não é direta, mas sim mediada pelo uso de instrumentos e sinais. Um instrumento é algo que pode ser usado para fazer determinada coisa, e um sinal é algo que significa alguma coisa. Existem três tipos de sinais: indicadores, que são aqueles que tem uma relação de causa-efeito com o seu significado; icónicos são imagens daquilo que significam e simbólicos, são os que

têm uma relação abstrata com o seu significado, por exemplo, as palavras são sinais linguísticos, os números são sinais matemáticos, a linguagem e a matemática são sistemas de sinais (Vygotsky, 1979).

Para Vygotsky, os instrumentos e sinais são construções sociais, históricas e culturais, e através da sua interiorização, via mediação social, o indivíduo desenvolve-se cognitivamente. A partir desta base é possível compreender a lei do desenvolvimento dos processos mentais superiores, denominada de Lei da Dupla Formação. Vygotsky definiu-a assim:

«No desenvolvimento cultural da criança, toda a função aparece duas vezes num primeiro tempo, a nível social, e num segundo tempo, a nível individual; num primeiro tempo, entre duas pessoas (interpsicológico) e num segundo tempo (intrapsicológico). Isto pode aplicar-se da mesma maneira à atenção voluntária, à memória lógica e à formação de conceitos. Todas as funções superiores encontram a sua origem nas relações entre os seres humanos.» (Pozo,1996,196)

2.6.3. Interação Social e Aquisição de Significados

Os processos anteriormente mencionados têm lugar, por assim dizer na interação social sendo esta, o intercâmbio de experiências e conhecimentos entre os seus participantes, em termos qualitativos e quantitativos. Os sujeitos, não crescem isoladas, uma vez que interagem com os seus pais, com adultos da sua família e com outras crianças. Para Vygotsky esta interação é fundamental para o desenvolvimento cognitivo e linguístico de qualquer pessoa, ainda que os seus mecanismos sejam difíceis de descrever (Vygotsky, 1995).

Relacionada com a interação social está a aquisição de significados. Os significados dos sinais sejam palavras ou gestos, constroem-se socialmente e são contextuais. Mediante a interação social as crianças adquirem significados socialmente partilhados e começam a interiorizar esses sinais. Ou seja, para interiorizar os sinais os sujeitos têm de captar os significados já partilhados socialmente, isto é, têm de partilhar significados já aceites no contexto social em que se encontram.

A interação social implica, sobretudo, um intercâmbio de significados que permite aos indivíduos verificar se o significado que captaram para um sinal, que estão a reconstruir internamente, é socialmente aceite e partilhado.

2.6.3.1. O Papel da Linguagem

Por outro lado, para Vygotsky a linguagem é o sistema de signos mais importante para o desenvolvimento cognitivo de uma criança, porque o liberta de todos os vínculos contextuais imediatos. O desenvolvimento dos processos mentais superiores depende da descontextualização e da linguagem através das palavras (sinais linguísticos), permite que a criança se afaste cada vez mais de um contexto concreto. A linguagem flexibiliza o pensamento conceptual e proposicional (Vygotsky, 1979).

Para Vygotsky, o desenvolvimento da fala na linguagem, é fundamental para o desenvolvimento cognitivo de uma criança, afirmando que,

«O momento mais significativo no processo do desenvolvimento intelectual, que cria as formas mais puramente humanas da inteligência prática e abstrata, é quando a linguagem e a atividade prática, duas linhas de desenvolvimento completamente independentes, convergem. Ainda que durante o seu período pré-verbal, o uso que a criança faz dos instrumentos seja comparável ao dos macacos, tão rapidamente como a linguagem surge juntamente com os sinais e se incorpora em cada ação, esta transforma-se e organiza-se de acordo com diretrizes totalmente novas. O uso especificamente humano das ferramentas realiza-se, deste modo, avançando mais além do uso limitado dos instrumentos entre os animais superiores.» (Vygotsky, 1979, 47)

A inteligência prática refere-se ao uso de instrumentos, e a abstrata ao uso de sinais. Ainda que ambas se desenvolvam separadamente nas primeiras etapas da vida, rapidamente convergem. Esta convergência manifesta-se num sujeito quando começa a falar, ou enquanto resolve um problema prático.

Para Vygotsky, a fala egocêntrica não reflete um pensamento egocêntrico, como defendia Piaget, mas sim representa o uso da linguagem para mediar ações. Para uma criança a fala é tão importante como a ação. A fala e a ação formam parte de uma mesma função psicológica complexa, dirigida à solução de um problema (Vygotsky, 1995). Inicialmente, a fala egocêntrica é audível e compreensível para um observador externo, mas posteriormente submerge-se ficando inaudível, convertendo-se num instrumento interno de pensamento. O carácter da linguagem egocêntrica é cada vez mais impenetrável e idiossincrásico acentuando-se entre os três e os sete anos, onde as diferenças entre a linguagem interpessoal e a intrapessoal sobressaem cada vez mais. Ao isolarem progressivamente a linguagem, a sua vocalização, dizia Vygotsky, já não tem

razão de ser e carece de significado. Quanto mais independente e autónomo se torna a linguagem egocêntrica, mais pobres são as suas manifestações externas, separando-se completamente da linguagem destinada aos outros, deixando de se vocalizar e desaparecendo pouco a pouco (Vygotsky, 1995).

2.6.3.2. *Processo de Formação dos Conceitos*

O programa de investigação de Vygotsky implicava a realização de experiências centradas em dois grandes aspetos: por um lado a génese e o desenvolvimento das funções superiores do indivíduo e por outro, a influência das variáveis transculturais sobre a natureza dos processos cognitivos. A ideia central das experiências sobre o desenvolvimento era evidenciar os processos de construção das funções *in vivo*, especialmente o papel dos instrumentos e dos sinais na dita construção. Semelhante ao papel da mediação cultural, representada pelo próprio experimentador. Por outro lado, nos estudos transculturais, o princípio-chave remete-nos para o facto de, se as funções têm origem cultural, então a sua própria natureza é variável, dependendo das características da cultura de onde vêm (Riviére, 1994).

A Vygotsky (1979) interessava-lhe investigar o que os indivíduos fazem e não as soluções a que poderiam chegar, com ênfase na quantificação, própria da investigação psicológica científica da sua época, coerente com a metodologia de investigação experimental *behaviorista* (Vygotsky, 1995).

Vygotsky, dedicou-se ao estudo experimental do processo de formação de conceitos. Expressando-se, assim, as suas conclusões:

«[...]o desenvolvimento dos processos que no final acabam formando conceitos, começa na mais tenra infância, mas as funções intelectuais que, numa combinação específica, constituem a base psicológica do processo de formação de conceitos que só amadurecem, tomam forma e desenvolvem ao chegar à puberdade. Antes dessa idade, encontramos certas formas intelectuais que realizam funções similares á dos autênticos conceitos vindouros. Relativamente à sua composição, estrutura e funcionamento, estes equivalentes funcionais dos conceitos estão para os conceitos autênticos como o embrião está para o organismo completamente formado [...]» (Vygotsky, 1995, 94)

Seguindo a linha de pensamento e alguns conceitos definidos e defendidos por Vygotsky (1995), relativamente aos equivalentes funcionais, a agregação desorganizada ou amontoamento, tal como refere, diz que o primeiro passo de um indivíduo até à formação do conceito consiste no agrupamento de alguns objetos desiguais, de forma desorganizada, até inconsciente e sem fundamento para o solucionar, situação esta, que seria completamente controlada por um adulto. Um outro conceito é o de pensamentos por complexos que surge com o agrupamento de objetos, não só por impressões subjetivas que o sujeito tem dos mesmos, mas também devido a relações que de facto existem entre estes. Nesta fase existe uma sequência de estádios que ocorrem em função das relações estabelecidas entre os objetos. Relações estas, de associação ligada às características, de coleção, relacionada com características complementares, em cadeia feita a partir de sequências de atributos. Define, ainda, o conceito de potenciais conceitos como sendo uma espécie de abstração primitiva, que não surge no estádio dos pseudo-conceitos, uma vez que estão presentes desde a fase inicial do desenvolvimento do sujeito. Estes conceitos não se perdem nem se esquecem facilmente. No entanto, os verdadeiros conceitos só se formam quando os traços abstraídos são sintetizados de uma forma abstrata passando a ser o principal instrumento do pensamento.

Por outro lado, para Vygotsky, o processo de desenvolvimento das funções superiores consiste na incorporação e interiorização de instrumentos e sinais de relação com os outros. Isto só é possível porque o indivíduo vive em grupos e estruturas sociais, e porque pode aprender através da sua relação com outras pessoas. No entanto, Vygotsky, insistia que a aprendizagem se produz apenas quando os instrumentos, sinais, símbolos e normas dos companheiros de interação, podem ser incorporados pelo sujeito em função do seu nível de desenvolvimento prévio, isto é, a aprendizagem depende também do potencial desenvolvimento do sujeito (Vygotsky, 2001).

2.6.4. Conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal

Para definir a relação entre o desenvolvimento do indivíduo e a aprendizagem, Vygotsky argumentava que não é suficiente estabelecer um nível de desenvolvimento em termos de tarefas ou atividades que o sujeito é capaz de realizar sozinho, sendo necessário determinar o que é capaz de fazer com a ajuda de outros significativos. Vygotsky denomina de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) o conjunto de atividades que o indivíduo é capaz de realizar com a ajuda, cooperação ou orientação de

outras pessoas. Ele diferenciava também a ZDP do nível atual de desenvolvimento, o qual corresponde a ciclos evolutivos levados até ao fim e que se definem operacionalmente, como o conjunto de atividades que o indivíduo é capaz de realizar por si mesmo sem orientação de outras pessoas.

Vygotsky definia o conceito de ZDP da seguinte forma:

«[...] a zona próxima de desenvolvimento. Não é outra coisa senão a distância entre o nível real de desenvolvimento determinado pela capacidade de resolver independentemente um problema, e o nível de desenvolvimento potencial determinado através da resolução de um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com outros pares mais capazes.» (1979, 133)

Para este autor, é mais importante a mediação do nível potencial de desenvolvimento, que do nível de desenvolvimento efetivo ou real. A partir da sua visão, as práticas mais comuns referiam que aquando da determinação da idade mental de um indivíduo com a ajuda de um teste, centramo-nos, quase sempre, no nível real de desenvolvimento desse mesmo indivíduo.

O conceito de ZDP é uma síntese da conceção do desenvolvimento como apropriação e interiorização de instrumentos elaborados pelos agentes culturais de interação. A ZDP define as funções que ainda não alcançaram a maturação, mas que estão em processo de o fazer (Riviére, 1994).

As ideias de Vygotsky têm muita importância para o ensino. O conceito de ZDP ajuda a apresentar uma nova forma de abordagem ao ensino de modo a que a aprendizagem dos alunos beneficie com isso. Referindo que uma boa aprendizagem é aquela que pressupõe o desenvolvimento dos conceitos. Por outro lado, um bom ensino é aquele que está a frente do desenvolvimento cognitivo e o orienta. Por sua vez, uma boa aprendizagem é aquela que avança juntamente com o desenvolvimento.

Portanto uma aprendizagem orientada em níveis de desenvolvimento já alcançados, não será efetiva para o desenvolvimento cognitivo de um aluno (Vygotsky, 1979).

Por outro lado, a possibilidade de nos referirmos a uma ZDP, e não só ao desenvolvimento atual, depende de uma característica essencial da aprendizagem humana, que é a sua capacidade de interiorizar processos evolutivos que não são ativos, mas também na relação entre as pessoas. Isto permite abordar a questão de se o método

genético-experimental permite uma objetivação do desenvolvimento real, ou se, pondo mais em jogo os processos de aprendizagem por influência do experimentador (professor), se favorece a imagem de um desenvolvimento artificial. De certa forma, o desenvolvimento das funções mentais superiores é artificial. É um artifício da cultura e da relação com os outros. O método proposto por Vygotsky, situa a análise dos processos do desenvolvimento na ZDP, posta em evidência pela influência ativa do experimentador (professor) e pela aprendizagem ativa do aluno. É por isto que para Vygotsky, a aprendizagem e o ensino, devido a interação social com os outros, são os fatores fundamentais do desenvolvimento (Riviére, 1994).

2.7. A Importância da Mediação no Ensino – Outras Abordagens

No sentido de utilizar a terminologia que se tem vindo a desenvolver, a mediação, mais do que um conceito, é um campo conceptual, porque conjuga diversos conceitos (Lopes, 2002). Um destes conceitos é a já referida zona de desenvolvimento próximo (ZDP), que pode ser definida como a distância entre os níveis atuais de compreensão de saberes/conhecimentos socialmente aceites por comunidades de especialistas e os níveis que podem ser atingidos em colaboração com outras pessoas ou artefactos poderosos (Brown, 1992). A ZDP corresponde ao que um sujeito é capaz de fazer com a ajuda de outro e que não é capaz de fazer sozinho. Este conceito permite não só uma perspectiva mais dinâmica das capacidades do aprendiz, mas pode também servir para guiar o ensino (Moll, 2002). A aprendizagem deve ser assistida.

Outro conceito relacionado é o de significação partilhada, no sentido em que a significação carece de um interpretante e, portanto, a significação atribuída precisa de ser negociada e renegociada no contexto duma cultura (Bruner, 1997). Como já foi referido no início deste capítulo, é esta capacidade que permite às pessoas compararem interpretações, com vista a atingirem objetivos comuns (Miller, 2002), neste caso de aprendizagem.

Moll (2002) sugere que Vygotsky pretendia que o conceito de ZDP fosse útil também para enfatizar a relevância do significado na mediação do pensamento. O conceito de mediação, especialmente em relação ao discurso oral, privilegia a importância do significado, não só em termos de mediação social (externa, assente em representações linguísticas e simbólicas) mas também da mediação mental (interna,

assente em significados ou invariantes, para usar a terminologia de Vergnaud): «O pensamento não é só mediado externamente por signos. É mediado internamente por significados» (Vygotsky, 1987, 282).

O desenvolvimento ou génese deste significado, como parte das relações entre seres humanos e dos seus mundos sociais, é central no pensamento de Vygotsky (John-Steiner & Mahn, 1996) e crucial para o ensino. Note-se que, como refere Moll (2002), a primazia dada na teoria de Vygotsky à mediação cultural e à situação social de desenvolvimento não exclui a consideração do indivíduo, cuja atividade e dinamismo é também central.

A mediação deve então atuar na zona de desenvolvimento próximo do sujeito que aprende, centrando-se nas negociações de significado. Portanto, é uma atividade simultaneamente do domínio intelectual e afetivo, que engloba aspetos como: garantir ativamente o empenho do sujeito na realização duma tarefa, acompanhar o trabalho, ajudar na procura de informação, reforçar a confiança e a auto imagem do sujeito (Plaisance & Vergnaud, citado por Lopes, 2002, 54).

Neste sentido é oportuno desmontar a ideia generalizada de que a mediação corresponde a um diálogo ritualizado entre professor e alunos. Tipicamente, o diálogo que tem lugar (quando há diálogo) em aulas de Ciências tende a ser do tipo pergunta-resposta, com o professor a colocar uma questão, que tem uma resposta conhecida, a que um ou mais alunos respondem, seguindo-se uma avaliação feita pelo professor da adequação da(s) resposta(s) (Polman & Pea, 2001).

Um encadeamento de sequências deste tipo caracteriza a generalidade das aulas de perguntas e respostas (*recitation*, na terminologia anglo-saxónica). A razão por que tal acontece, de acordo com Polman & Pea (2001), é o facto de o professor manter um elevado grau de controlo e, simultaneamente, permitir sondar a situação dos alunos, de modo a ajudá-los a apreenderem um conjunto de conceitos claramente especificado.

O principal problema desta abordagem é que o professor inicia as sequências de interação com os alunos com uma pergunta para a qual estes conhecem uma resposta sob a forma de um conceito-alvo. Isto reflete uma visão comum entre os professores, da comunicação como ritual e como transmissão (Polman & Pea, 2001). A visão da comunicação como ritual tende a encorajar a participação ativa de todos os intervenientes, mas em atividades com significados que já são partilhados. Claramente, este tipo de comunicação não acrescenta nada em termos de aprendizagem, que já

definimos precisamente como construção de significados partilhados. Por outro lado, a visão da comunicação como transmissão de informação do professor para os alunos, como ocorre na maior parte das aulas teóricas, tende a deixar os alunos passivos e, novamente, não contribui para o desenvolvimento das aprendizagens.

Esta visão contrasta fortemente com a que é proposta por Polman & Pea (2001, 225), de comunicação transformativa. Este conceito enquadra-se no de mediação que foi proposto anteriormente. Os autores consideram que a comunicação transformativa é alcançada através da apropriação mútua pelos participantes na interação social para a construção de significados que, de outro modo, nunca poderiam ter sido trazidos para a interação por um só dos intervenientes.

Esta perspetiva da mediação é muito mais coerente com um quadro teórico de raiz sócio-constructivista, como o apresentado até aqui. Assim, a mediação é entendida como uma atividade de comunicação entre professor e alunos, em que o professor deve estruturar e guiar as atividades dos alunos na sala de aula, sem retirar o espaço essencial para os alunos tomarem iniciativas e terem um papel ativo.

Como refere Brown,

«...é mais fácil falar acerca [desta] aprendizagem guiada do que fazê-la. Requer juízo clínico para saber quando intervir. Os professores bem-sucedidos devem comprometer-se continuamente no diagnóstico permanente da compreensão dos estudantes. Devem ser sensíveis a sobreposições de zonas de desenvolvimento próximo, onde os estudantes estão maduros para novas aprendizagens.» (1992, 168)

Repare-se que a mediação aparece intimamente ligada com a avaliação. De facto, a evolução das aprendizagens dos alunos tem de ser continuamente monitorizada, para que se possa atuar de modo a contribuir para o desenvolvimento das mesmas. Esta função de avaliação, simultaneamente diagnóstica e formadora, é parte integrante do processo de ensino. A mediação, como processo de comunicação que é, deve acomodar naturalmente esta função de avaliação permanente ou, para usar uma metáfora em voga, «em linha».

Um problema, que é referido por Polman & Pea (2001, 235), é que em qualquer sala de aula os alunos diferem em termos dos níveis de auxílio e apoio de que necessitam. Joga-se aqui um equilíbrio frágil que pode ser difícil de atingir e manter.

A aplicação prática deste tipo de mediação é particularmente difícil porque o professor tem de gerir um equilíbrio muito precário entre o controlo que pode (e deve) exercer e os espaços e a iniciativa que concede aos alunos. Esta situação gera normalmente desconforto e ansiedade nos professores, que só serão ultrapassados com alguma prática. A aprendizagem assistida e o ensino mediado exigem treino até se tornarem eficientes.

2.8. A Aprendizagem de Conceitos

Existem muitos tipos de aprendizagem (Weil – Barais, citado por Lopes, 1999, 34). No caso presente, interessa aqui referir o que Lopes (1999, 34) designa por aprendizagem com tutor, isto é a aprendizagem feita com a «intervenção de instituições especializadas, onde peritos (os professores) têm por função transmitir informações e ajudar os alunos a apropriarem-se delas para as transformar em conhecimentos».

Esta última citação é particularmente importante já que existe uma forte tendência para confundir informação e conhecimento (Miller, 2002). De facto, a criação de conhecimento é uma atividade exclusivamente humana, que consiste em construir significado a partir de informação. O ser humano tem a capacidade de se aperceber da evolução dos significados, em si próprio e nos outros. É esta capacidade que permite aos indivíduos compararem interpretações, com vista a atingirem determinados objetivos comuns.

2.8.1. Definição de Conceitos Científicos

Os conhecimentos que se pretendem que os estudantes construam, através da aprendizagem com tutor, correspondem a conceitos científicos, no âmbito da Física. A noção de conceito científico necessita, então, de ser esclarecida. Baseando-se em Toulmin (1977), Silva elabora a este respeito a seguinte:

«Um Conceito tem representação simbólica a dois níveis: o da linguagem natural e o dos outros simbolismos (equações matemáticas, representações gráficas, etc.). Além disso, um Conceito só tem genuína utilidade explicativa se estiver associado a procedimentos de aplicação específicos e contextualizados. A evolução de um conceito, quer nas comunidades científicas quer nas aprendizagens, tem portanto a ver com:

aspectos linguísticos, formalismos matemáticos e similares, procedimentos de aplicação. [...] Isto significa que conhecer e usar um Conceito exige conhecimento conceptual, mas exige também capacidades: competências a nível de representação linguística e outras; capacidade de teste e experimentação; aptidão para definir âmbitos e limites de aplicação.

Por tudo isto, aprender um Conceito é necessariamente um processo longo e complexo que envolve várias componentes e requer refinamentos sucessivos e sem fim, que só podem ser conseguidos usando o conceito em contextos diversificados.» (1999, 172 - 173)

Desta discussão é essencial realçar o carácter evolutivo de um *conceito*, que se presta a uma permanente evolução, quer nas comunidades científicas quer nas aprendizagens.

Outra característica da aprendizagem, que está subjacente nos textos anteriormente citados de Silva (1999) e de Toulmin (1977), é a da importância da ação. De facto, é disso que se trata quando estes autores referem a necessidade do aluno exercer a sua capacidade de teste e experimentação, a necessidade de usar sucessivamente o *conceito* em contextos diversificados ou quando se salienta a importância dos procedimentos e das técnicas. Esta importância da ação na formação dos conhecimentos é salientada por outros autores, em particular por Vergnaud (1987).

Outro ponto importante a destacar na questão da aprendizagem de conceitos científicos é que não se aprendem conceitos isoladamente. Isto é, os conceitos são aprendidos num processo de evolução contínua, marcado pelas relações complexas entre diversos conceitos. Este facto é referido, no contexto específico da aprendizagem de Física, por Dykstra (*et al.*, 1992), que refere explicitamente a aprendizagem de conjuntos de conceitos inter-relacionados.

White (1994), a propósito dos artigos publicados num número especial da revista *Learning and Instruction* (Vosniadou, 1994), nota que, a discussão centra-se mais no modo como mudam os sistemas de conceitos do que no modo como mudam os conceitos isolados. Aliás, o apelo à experiência pessoal de cada um deve permitir verificar que a análise de qualquer problema de Física, por muito simples que seja, obriga à mobilização de vários conceitos. Esta é uma das razões pela qual, a aprendizagem dos conceitos científicos é um processo longo, demorado e complexo.

2.8.2. A Aprendizagem dos Conceitos Físicos

Lopes, com base em Weil-Barais (1995) e Vergnaud (1987), considera que os conceitos físicos e os respetivos campos conceptuais, se desenvolvem em resultado do alargamento e do enriquecimento concomitante de:

“- O seu campo questiono-experimental (novos objetos, novos acontecimentos, tomar em consideração novas questões teóricas ou experimentais e novas habilidades manuais ou técnicas; estes aspetos permitem a diferenciação dos invariantes-invariância em certas condições e não noutras);

- Os seus invariantes (novas habilidades mentais na utilização dos conceitos: novas propriedades, relações mais complexas, operações mentais mais complexas); A progressiva utilização de novos sistemas simbólicos para representar, comunicar e operar os conceitos do campo conceptual;

-A utilização de novas formas de modelização (construção e apropriação de novas formas de representação conceptual que permitam previsões mais rigorosas e precisas, um controlo mais eficaz sobre a experiência e sobre a própria representação conceptual).

-O reforço da coerência do campo conceptual, aumentando a coordenação de campos conceptuais separados e reforçando a consistência da estrutura global.” (2002, 30)

A consideração destas cinco dimensões da construção e/ou utilização dos conhecimentos físicos permite perspetivar desde já um suporte teórico para a avaliação da qualidade da aprendizagem em Física.

No entanto, como refere o próprio Lopes (2002), estas dimensões referem-se sobretudo à vertente individual da construção conceptual. A vertente social, de que já foi destacada a mediação, não pode ser esquecida. Por outro lado, esta vertente social não se refere apenas à interação professor-aluno, mas também entre alunos, dentro e fora da escola. Isto é realçado por Silva (1999, 182), ao referir que os critérios de validação de conhecimentos por parte dos alunos têm muito a ver com a sua validação pelos colegas e com o modo como tais conhecimentos resistem e se revelam úteis no dia-a-dia, dentro e fora da escola.

Outra componente importante da vertente social da construção conceptual é a da história dos conhecimentos físicos (Arons, 2003).

2.8.3. A Importância dos Contextos

O quadro teórico apresentado mostra que, pela natureza intrínseca dos conhecimentos científicos, a sua aprendizagem não pode ser feita de forma descontextualizada e com um elevado nível de generalização à partida. No entanto, é desta forma que a Física é normalmente ensinada.

Na verdade, como já foi referido, o desenvolvimento dos campos conceituais associados aos conceitos físicos implica o enriquecimento do respetivo campo questiono-experimental (Weil-Barais, 1995) e o reforço da coerência de cada campo conceptual (Vergnaud, 1987). Isto consegue-se expondo o aprendiz a novos objetos, circunstâncias e acontecimentos, promovendo deliberadamente a coordenação entre campos conceituais distintos e o reforço da estrutura conceptual global. Daqui se conclui que os contextos são da maior importância e que a estruturação conceptual tem de ser construída gradualmente, sendo impossível a sua simples transmissão.

É importante explicar o que se entende por contexto. Normalmente, o significado associado é o de ambiente local, onde decorre o ensino. Esta noção é demasiado restritiva e tem uma conotação estática, em que o estudante, o conteúdo e o contexto envolvente surgem analiticamente separados (Finkelstein, 2001).

O contexto como ambiente onde decorre o ensino é importante, mas pode entender-se o contexto como algo mais abrangente. Uma análise etimológica revela que a palavra contexto tem como raiz o verbo latino *contexere*, que significa «entrelaçar, reunir tecendo» (Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa, 2002, 1061). Então, uma interpretação, mais apropriada ao caso do ensino, pode ser que contexto é «o que dá coerência às partes» (Finkelstein, 2001). Assim, o contexto é essencial no ensino dos conceitos de Física, quer como elemento motivador do estudante, quer como base que dá coerência aos conceitos que se pretende ensinar. Deste modo, a seleção dos contextos a utilizar no ensino deve ser considerada de dois pontos de vista: o da relevância para o estudante e o da adequação aos conceitos a abordar. Para além disso, nesta perspetiva de dar coerência aos conceitos físicos a abordar no ensino, os contextos aparecem na sala de aula associados a situações físicas (objetos, circunstâncias ou acontecimentos suscetíveis de serem abordados cientificamente), propostas como pontos de partida para as tarefas a realizar, ou mesmo como parte integrante dessas tarefas.

Os contextos podem ser utilizados no ensino a diversos níveis: o nível micro da tarefa particular (por exemplo, uma questão a que é necessário responder); o do

ambiente em que esta tarefa irá decorrer (que remete para a noção de contexto como ambiente envolvente); e um nível mais macro, como tema unificador, que reúne diversas questões, tarefas e conceitos. O primeiro nível está ligado ao desenho de tarefas isoladas, que será abordado na secção seguinte. O contexto em termos de ambiente em que decorre o ensino é criado essencialmente através da mediação, que já foi abordada.

A utilização de contextos mais abrangentes como elementos que dão coerência a um conjunto de conceitos tem sido estudada na literatura, quer em termos de impacto na motivação dos estudantes, quer como facilitadores da aprendizagem (para exemplos relativos a ensino de Física veja-se Edwards, 2000; Häussler & Hoffmann, 2000; Whitelegg, 1996; Stinner, 1994).

Os contextos são, portanto, essenciais no ensino como elementos motivadores e promotores de aprendizagens coerentes. Por outro lado, como explicitado no nosso quadro teórico a propósito da aprendizagem de conceitos científicos, é necessário desenhar abordagens progressivas, de permanente recorrência e recontextualização dos conceitos (Silva, 1999). Como bem refere Arons,

«é necessário voltar repetidamente ao conceito ou raciocínio, após ter decorrido um certo tempo, em contextos diferentes e progressivamente mais ricos. [...] Os elementos-chave são tempo e contextos diferentes. [...] Se o contexto não for alterado, muitos alunos recorrem à memorização de procedimentos ou enunciados evitando os processos essenciais de raciocínio.» (2003, 6)

2.8.4. O conceito de situação formativa

O conceito de situação formativa, assente na formulação implícita de Astolfi *et al.* (2000), é uma ferramenta que pode ser de grande utilidade na organização prática do ensino. Pretende explicitar aspetos-chave a ter em conta numa modelização didática que tem por principal intenção transformar objetos de ensino em aprendizagens consolidadas. Portanto, tem de considerar os saberes disponíveis dos alunos, de dar reais oportunidades aos alunos para tomarem a iniciativa. Em suma, tem de criar um ambiente que permita ao aluno aprender de forma progressiva e sustentada e utilizar esse conhecimento.

O conceito de situação formativa utiliza e articula vários conceitos. Em rigor, é um campo conceptual (ver figura H) que recorre a conceitos como: “ «saberes

disponíveis» dos alunos (Cachapuz *et al.*, 2001); «situação física» (Gil Pérez, Furió Más *et al.*, 1999); «tarefa» (Howe, 1996); «mediação» (Weil-Barais & Dumas-Carré, 1998) que se articula com o conceito de avaliação formadora.” (Lopes, 2004, 164)

Uma situação formativa carece de articulação entre: atividade dos alunos desencadeada por uma tarefa; situação física contextualizante; recursos utilizados; mediação do professor; problema a tratar e/ou a aprofundar que permita utilizar e potenciar os saberes disponíveis dos alunos. Carece, ainda, de uma sequência temporal que faça transparecer um encadeamento lógico para os alunos e que permita que estes desenvolvam conhecimentos, competências e atitudes.

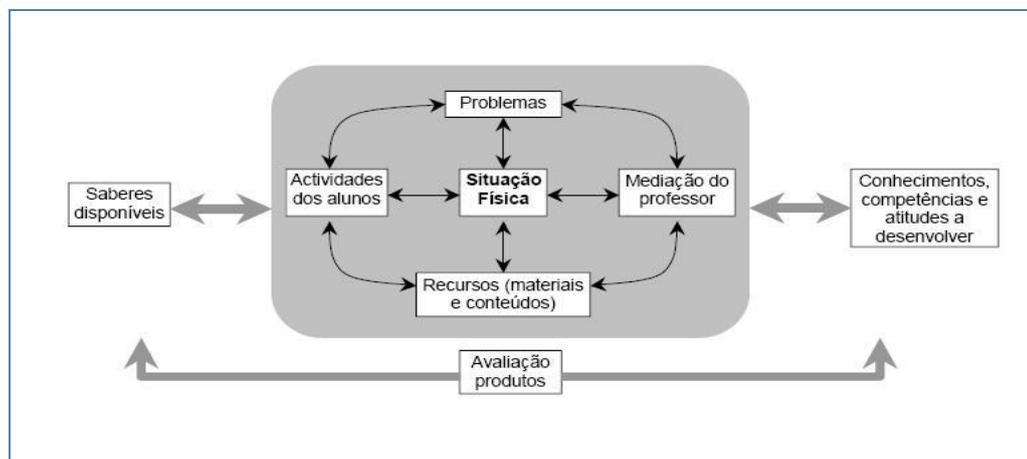


Figura G - Conceito de Situação Formativa (Lopes 2004, 166)

Segundo Lopes (2004), o conceito de situação formativa engloba a generalidade dos aspetos mais importantes do quadro teórico.

Em particular, o papel fundamental da mediação nos processos de aprendizagem descrito no quadro teórico é parte integrante da definição de qualquer situação formativa. A conceção de aprendizagem defendida no nosso quadro teórico, e a consequente necessidade de utilizar contextos variados, são aspetos que têm de ser tidos em conta na elaboração duma situação formativa, nomeadamente ao especificarem-se os saberes disponíveis, os conhecimentos, capacidades, competências e atitudes a desenvolver, a situação física utilizada e, em certa medida, também os recursos a utilizar e os problemas a abordar. A situação física tem um papel central na definição duma situação formativa porque contextualiza todo o processo de ensino e aprendizagem.

Por outro lado, a necessidade de dar espaço às iniciativas dos alunos e de garantir o seu envolvimento ativo, que são condições essenciais para que possam ocorrer em aprendizagens significativas, são também essenciais na definição de

qualquer situação formativa, designadamente pela especificação das tarefas e iniciativas/atividades dos alunos. Os problemas colocados aos alunos (ou da iniciativa destes) têm, na perspetiva do nosso quadro teórico, de ter um certo grau de abertura, o que é perfeitamente coerente com o modo como a definição de problema é entendida numa situação formativa.

2.8.5. A interatividade no ensino

O ensino tem de ser interativo para se conseguirem aprendizagens de qualidade. De facto inúmeros são os autores que afirmam a necessidade do ensino ser mais interativo e que têm tentado implementar experiências para o conseguir.

No nosso quadro teórico a mediação tem um papel particularmente importante no ensino. Como já foi referido, é essencialmente através da mediação que o professor pode contribuir para a aprendizagem dos seus estudantes, num processo que é naturalmente interativo.

Na literatura, os esforços relativos ao aumento da interatividade do ensino aparecem como uma necessidade sentida pelos próprios professores. Na generalidade dos estudos os modos mais interativos apresentam resultados facilmente detetáveis, nomeadamente por comparação com os modos tradicionais (e mais passivos) de ensinar (Hake, 1998).

A interatividade aparece normalmente ligada à noção de que é necessária a atividade do estudante para que este aprenda. No entanto, pode haver tendência para pensar que basta a atividade dos estudantes, normalmente associada ao trabalho experimental, pelo que é importante salientar que a interatividade deve ser feita tanto com a cabeça -«*heads-on*»- como feita com as mãos -«*hands-on*»- (Hake, 1998).

As alterações introduzidas no ensino no sentido de aumentar a interatividade variam muito. Grande parte dos estudos realizados procuram aumentar a interatividade do modo mais tradicional de ensinar: a aula teórica (*lecture*, nesta literatura de origem anglo-saxónica).

2.9. Teoria dos Campos Conceptuais de Gérard Vergnaud

A Teoria dos Campos Conceptuais de Gérard Vergnaud é uma teoria psicológica de conceitos (Vergnaud, 1990, 147) ou uma teoria cognitivista do processo de concetualização do real, como ele próprio diz (Vergnaud, *op. cit.*, 133).

É uma teoria pragmática, ao propor que a aquisição do conhecimento é moldada por situações, problemas e ações do sujeito (Vergnaud, 1994, 42). Por outras palavras, é por meio de situações e problemas a resolver que um conceito adquire sentido para o aprendiz. É também uma teoria da complexidade cognitiva, pois contempla o desenvolvimento de situações progressivamente dominadas, dos conceitos e teoremas necessários para operar eficientemente nessas situações e das palavras e símbolos que podem eficazmente representar esses conceitos e operações para o indivíduo, dependendo do seu nível cognitivo (Vergnaud, 1994).

O objetivo desta teoria é fornecer um referencial que permita compreender as continuidades e ruturas entre conhecimentos, nos aprendizes, entendendo-se como conhecimentos tanto o saber fazer como o saber expresso (Vergnaud, 1990). Por outras palavras, «a teoria dos campos concetuais visa a construção de princípios que permitam articular competências e conceções constituídas em situação, e os problemas práticos e teóricos em que essas competências e conceções se constituem» (Franchi, 1999, 164). Esta teoria traz contribuições no contexto da reflexão sobre aprendizagem e desenvolvimento, com conexões evidentes a Piaget e Vygotsky, aos quais é acrescentada como contribuição específica e original, a que este autor denomina de *Teoria da Referência* (Vygotsky, 1998a). A *Teoria da Referência* propõe a conexão necessária dos conceitos a um domínio epistemológico específico (matemático, físico, social, económico, etc.).

Noutro patamar, cabe mencionar o débito intelectual da Teoria dos Campos Conceptuais ao movimento de ideias surgido em França, nos finais da década de 70, denominado de *Didactique des Mathématiques* (Didática da Matemática), no âmbito do qual cabe mencionar as contribuições de Yves Chevallard (Transposição Didática) e Guy Brousseau (Situação Didática, Variáveis Didáticas, Devolução, Contrato Didático).

2.9.1. Comparando Vergnaud a Piaget e Vygotsky

Piaget e Vygotsky têm em comum, apesar das suas inegáveis diferenças, a abordagem do desenvolvimento concetual. De Piaget, a principal contribuição vem do

conceito de esquema e invariantes operatórios. Estes organizariam a atividade, a representação e percepção e, também, o desenvolvimento das competências e concepções acerca de um objeto no decorrer da experiência. O conceito de esquema presta-se, portanto, à análise da estrutura da atividade (Vergnaud, 1998a).

Apesar de encontrarmos semelhanças com a teoria de Vygotsky, considerado o «teórico da atividade», em especial, por parte de seu seguidor e discípulo Leontiev, Vergnaud considera que «em Vygotsky, não se encontra o equivalente aos conceitos de esquema e invariante operatório com a precisão com que foram estabelecidos por Piaget» (Vergnaud, 1998a, 24).

De Vygotsky, a teoria toma emprestado o conceito de *mediação*, em dois sentidos, por intermédio dos sistemas simbólicos, dentro dos quais está incluída a linguagem, e a mediação do professor, derivada do conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (Vergnaud, 1998a, 2000). A Teoria dos Campos Conceituais propõe explicar o desenvolvimento dos processos de conceptualização. Parte-se do princípio que a maior parte dos nossos conhecimentos são formados por competências (informações e habilidades / *skills*) que estão disponíveis sob a forma de esquemas (Vergnaud, s.d.1). Desta forma, a teoria engloba a ação e a comunicação, a experiência e a formação, sejam elas do tipo escolar ou profissional.

Existem dois tipos de situações (ou problemas) que, quando assumem algum significado para o sujeito, podem gerar dois tipos de processos diferentes para a sua resolução. Na primeira classe de situações, o sujeito já possui no seu repertório de competências, os procedimentos adequados ao tratamento da situação. Trata-se mais de uma relação de filiação aos conhecimentos pré-existentes. Para a segunda classe de situações, o sujeito não dispõe de todas as competências requeridas para o tratamento da situação. Há aqui uma rutura do conhecimento e um momento de descoberta e, em alguns casos, de invenção do novo. Para a resolução da nova situação (problema), considerada como sendo nova pelo sujeito, são necessárias reflexões e exploração, que podem conduzir ao sucesso ou ao fracasso. No primeiro caso, os esquemas já disponíveis, isto é, «a organização invariante do comportamento para uma classe de situações dada» (Vergnaud, 1990, 136) seriam aplicados quase que automaticamente. Já no segundo caso, ocorreria a utilização sucessiva de vários esquemas cuja aplicação pareça pertinente à situação encontrada, por analogia ou semelhança; e, que seriam acomodados, descombinados e recombinados (Vergnaud, 1990).

Em muitos domínios, a emergência de novos conceitos e a mudança do seu «status cognitivo» consiste na explicitação dos conceitos subjacentes à ação (eficaz), ou seja, fundamenta-se na mudança de ponto de vista sobre os objetos, sobre as propriedades e sobre as relações entre os objetos (Vergnaud, 1990, 1997, 1998a). Se as competências em ação são uma resposta aos desafios colocados pelas situações (problemas) que enfrentamos, quanto maior for a variedade de situações encontradas e/ou propostas, maiores serão as probabilidades de desenvolvimento de conceitos mais gerais e cada vez mais complexos, constituindo-se em sistemas conceptuais. O conceito, assim concebido na sua relação com os demais conceitos, amplifica os limites da sua validade e a generalização dos teoremas implícitos na ação⁸ a várias outras situações possíveis. Por outro lado, situações novas, impossíveis de serem resolvidas com o repertório de esquemas já existente, conduzem à criação de novos modelos ou maneiras de interpretar a experiência. O desenvolvimento ou amplificação das competências já existentes envolvem a construção de novos objetos, a proposição de novas relações e a construção de novas categorias (Vergnaud, 1998b).

A mudança concetual seria decorrente, portanto, da explicitação das competências, dos seus invariantes operatórios, por intermédio da sua expressão, discussão e integração em sistemas explicativos coerentes (Vergnaud, s.d.2). Esta explicitação dá-se através da linguagem, seja ela oral, gráfica ou corporal. Entretanto, os saberes práticos, mesmo quando explicitados, muitas das vezes não revelam todos os conceitos e sistemas conceptuais envolvidos, são, como sugere Vergnaud (1990), a «ponta visível do iceberg» da conceptualização.

As dificuldades relativas à explicitação das competências em ação são de diversas ordens. Caberia ao investigador e/ou ao professor a análise da atividade e da sua estrutura, incluindo uma grande diversidade de esquemas. Os teoremas em ação tornar-se-iam, assim, explícitos, a partir da perspectiva de um *outro*, das inferências de um observador externo. Por outro lado, esta análise implica perceber que significado ou significados, os esquemas e as situações adquirem para os sujeitos. O(s) significado(s) do que os sujeitos fazem e dizem reflete não apenas os seus pensamentos, mas, também, as suas intenções e valores (Carragher, 1989). Para Vergnaud (1998b), não há, necessariamente uma hierarquia de competências. Entendemos por isso, que um conceito de ordem mais simples ou concreto poderia ser aplicado de modo mais eficaz

⁸ Os teoremas em ação são proposições tomadas como verdadeiras, ou seja, são intuições acerca do real e mediadoras da construção de competências. Elas podem, de fato, ser totalmente implícitas, parcialmente verdadeiras ou mesmo falsas. (Vergnaud, 1997).

na solução de determinado problema do que um conceito mais complexo e abstrato, dependendo do tipo de situação encontrada.

Entendemos, também, que é mais importante ter um repertório de soluções que uma única forma de resolver problemas, por mais refinada que seja. Isto requer da parte do indivíduo, não somente a posse de um conjunto de competências, mas a capacidade de utilizá-las adequadamente.

Contudo, as competências não podem limitar-se aos invariantes operatórios. Elas dependem da aprendizagem, ou seja, são adquiridas e transmitidas, e do desenvolvimento, porque permitem a ampliação das capacidades de ação e compreensão, isto é, «entre estes dois processos as relações são dialéticas: as representações precedem e permitem a formação dos conceitos, mas, por outro lado, os conceitos, uma vez formados, permitem uma generalização e uma estabilização das representações» (Pastré, 1994, 39). Além disso, é importante ter em conta que, ao longo do processo de concetualização, um mesmo conceito pode manifestar diferentes propriedades, como resultado de aquisições concetuais que se devem tanto à aprendizagem quanto ao desenvolvimento.

Uma reflexão que julgamos necessária é a de perceber, até que ponto um maior nível de compreensão se traduz imediatamente em ações coerentes. Consideramos que esta evolução não seja simultânea ou linear. O processo de conceptualização entendemo-lo como marcado por avanços e recuos, e a abstração e generalização não parecem conduzir-se de maneira uniforme para qualquer classe de situações consideradas similares, ou mesmo dentro de uma mesma classe de situações. Os esquemas apoiam-se sobre uma conceptualização cujo grau de explicitação é variável, entretanto, contêm uma parte de automatismo e outra de controlo (Vergnaud, 1990).

Encontramos paralelo nesta teoria, entre os conceitos espontâneos de Vygotsky e os teoremas-em-ação, que são competências implícitas; e os conceitos científicos do mesmo autor, que são os conhecimentos explícitos. Estes conhecimentos contidos nos esquemas são designados invariantes operacionais.

Aqui, encontramos um ponto de rutura com a teoria de Vygotsky, pois, para Vergnaud (1990), os teoremas-em-ação e os conceitos-em-ação constroem-se em estreita interação e há sempre uma certa conceptualização envolvida na ação. Não se trata, portanto, de dois caminhos distintos que se entrecruzam num dado momento. Vergnaud (1990), diferentemente de Vygotsky, considera que mesmo os teoremas-em-

ação podem formar sistemas conceptuais, ainda que os mesmos sejam implícitos. Não há teoremas sem conceitos nem conceitos sem teoremas (Vergnaud, 1997). Além disso, Vergnaud (2000) considera que todos os conhecimentos são locais, ou seja, não só os conceitos quotidianos, mas também os científicos se desenvolvem sempre sob condições restritivas.

Na Teoria dos Campos Conceptuais a linguagem assume as importantes funções de comunicação, de representação, e de auxílio ao pensamento e de organização da ação. É justamente quando as ações ainda não foram automatizadas e, assim, interiorizadas, que a linguagem como acompanhamento da ação, favorece o cumprimento da tarefa e a resolução do problema. Ela parece facilitar a descoberta das relações pertinentes, a organização temporal da ação e o seu controlo. Mais que isso, a linguagem também permite que os conceitos que são instrumento do pensamento sejam transformados em conceitos - objeto do pensamento (Vergnaud, 1990). Isto dá-se através do uso repetido dos conceitos - instrumento, da familiaridade com os mesmos e da consciência do seu papel no raciocínio.

A competência de um indivíduo pode ser definida, portanto, a partir de três critérios: (a) o que ele é capaz de fazer face a uma classe ou conjunto de classes de situações; (b) se ele dispõe de um procedimento ou método mais rápido, mais económico ou mais eficaz, que lhe permita ter um desempenho superior; e, (c) se ele possui um repertório de procedimentos ou métodos alternativos que lhe permitam adaptar-se de uma maneira mais refinada às diversas situações que enfrenta, em função da avaliação das diferentes variáveis das situações (Vergnaud, s.d.2, 1998b).

A exposição dos estudantes a distintas situações e a explicitação do seu conteúdo cognitivo permitem analisar o seu desenvolvimento no campo conceptual da Mecânica Newtoniana, identificar dificuldades e inferir invariantes operatórios implícitos que podem atuar como obstáculo à aprendizagem de conceitos. Ou seja, os significados dos conceitos de repouso, movimento, força, velocidade e aceleração, implícitos na estrutura cognitiva dos estudantes, quando explicitados, podem apresentar invariantes operatórios que podem estar de acordo com os significados aceites pela comunidade científica ou não. Ao identificar invariantes operatórios que podem servir de obstáculo à aprendizagem é possível levar os estudantes a um maior progresso dentro do campo conceptual da Mecânica Newtoniana. Assim, a explicitação do conteúdo cognitivo dos estudantes (invariantes operatórios) potencializa o crescimento de tais alunos neste

campo conceptual, os estudantes vão progredindo num campo conceptual, com o desenvolvimento dos seus esquemas e conseqüentemente do seu conteúdo cognitivo.

O avanço num campo conceptual, para Vergnaud, ocorre através da construção ou reconstrução de esquemas, afirmando que «a revolução didática consiste em propor situações que possibilitem o desenvolvimento de esquemas» (2003,38). O desenvolvimento cognitivo ocorre quando há uma interação entre o conhecimento ou esquemas já existentes na estrutura cognitiva com os novos conhecimentos. No entanto, o desenvolvimento num campo conceptual não é linear.

Vergnaud (2003, 58) reforça que «filiações, continuidades e rupturas num processo de desenvolvimento são aspetos extremamente importantes; e são importantes não só nas competências cognitivas e abstratas, como nas gestuais». Dessa forma, o conhecimento já existente é fundamental no desenvolvimento cognitivo, assim como assinala Ausubel (citado por Moreira & Ostermann, 1999, 45), «o fator mais importante que influencia na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe». Corroborando com o que diz Ausubel, Vergnaud (2003, 58) afirma que «quando aprendemos alguma coisa nova, temos de nos apoiar em conhecimentos anteriores».

Por isso, é fundamental explicitar o conhecimento existente e identificar dificuldades que estão inseridas nos conhecimentos prévios, para que o estudante possa progredir num campo conceptual. Para Vergnaud o fator mais importante para o desenvolvimento cognitivo é a conceptualização. Para ele, os conceitos são constituídos por um conjunto de situações relacionadas a invariantes operatórios cujas propriedades podem ser expressas por diferentes representações simbólicas (Caballero, 2003, 148).

Vergnaud (2003, 53) ressalva que «a duração da aprendizagem é necessariamente longa». Ele afirma que essa ideia não se restringe a Piaget ou a Vygotsky. Outros estudiosos acham que aprender, desenvolver competências, é um processo demorado. A conceptualização está sempre presente, em toda a atividade explícita ou implícita; consciente ou inconsciente. A análise da conceptualização implícita é um problema fundamental. É imprescindível verificar como a atividade se realiza em cada etapa e mapear as conceptualizações implícitas. As inferências estão sempre presentes, mesmo em atividades habituais. O problema é que não podemos ler as inferências no cérebro, nós só podemos ler inferências na atividade (Vergnaud, 2005). Por isso, é necessário expor os estudantes a distintas situações para que se possa inferir a respeito do seu conteúdo cognitivo (os seus invariantes operatórios).

Confrontar os estudantes com situações diante das quais eles têm que ser ativos permite a explicitação do seu conteúdo cognitivo, permite negociar os seus significados levando a superar dificuldades e avançar num campo conceptual. Assim, é importante analisar o progresso dos estudantes num campo conceptual e identificar invariantes operatórios que podem interferir nesse progresso apresentando-se como obstáculo epistemológico.

A Teoria dos Campos Conceptuais de Vergnaud considera a concetualização como núcleo do desenvolvimento cognitivo. Para ele, o conhecimento está organizado em campos concetuais que são conjuntos informais e heterogéneos de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento. Por sua vez, os conceitos são definidos por um conjunto de situações que lhe dão sentido, um conjunto de invariantes operatórios (teoremas e conceitos-em-ação) que lhe dão significado e por um conjunto de representações simbólicas que constituem o significante. Os invariantes operatórios são os conhecimentos contidos nos esquemas, normalmente implícitos sendo que, o sujeito tem dificuldade em explicitá-los. Um conceito torna-se significativo através de uma variedade de situações, mas o seu sentido não está nas situações *per si* (Moreira, 2004).

2.9.2. O Campo Conceptual

O conceito de *campo concetual* é central nos trabalhos de Vergnaud (1987, 841; 1991, 146). Sendo definido como um conjunto relativamente largo de situações e do que se sabe sobre elas, de invariantes e de sistemas simbólicos (linguísticos e não linguísticos), no qual vários conceitos de natureza diferente estão em interação (1987, 841). A introdução deste conceito é necessária uma vez que é «ilusório considerar o desenvolvimento de um só conceito» e na medida em que «uma situação nunca se analisa com um só contexto» (*Ibidem*).

Poderíamos dizer de uma outra forma que o campo conceptual é o conjunto articulado de conceitos ao qual está aferente uma classe de situações físicas e compreende relativamente a um determinado sujeito (ou grupos de sujeitos):

- ✓ As relações entre conceitos, bem como as propriedades e operações que reconhece(m) e utiliza(m);

- ✓ Os sistemas simbólicos (linguísticos e não linguísticos) que utiliza(m) para representar simbolicamente os conceitos (relações, propriedades e operações), as situações físicas de uma classe de situações e as suas (ou de outrem) ações sobre elas;
- ✓ As operações com as representações simbólicas;
- ✓ Conjunto de situações físicas com significado e das ações que sabe fazer face a elas que dão sentido aos aspetos referidos anteriormente, mobilizados para responder ou colocar um problema ou desenvolver outra atividade relativa a um conjunto relativamente extenso de situações.

O campo concetual é ainda uma unidade de pensamento e de ação, que para além dos seus componentes tem uma estrutura. É a sua organização que permite a mobilização de certas formas de utilizar os conceitos (os modelos de utilização dos conceitos) em situações complexas.

Vergnaud considera o campo concetual como uma unidade de estudo para dar sentido às dificuldades observadas na conceptualização do real e como referido anteriormente, a teoria dos campos concetuais supõe que a conceptualização é a essência do desenvolvimento cognitivo.

2.9.3. Definição de Conceitos

Os argumentos referidos na secção anterior levaram Vergnaud (1987) a desenvolver a noção de campo concetual, que é um conjunto relativamente grande de conceitos em interação, de capacidades e de sistemas simbólicos.

Assim, e no caso específico da Física (Moreira, 2002), há vários campos conceptuais (como o da Mecânica, o da Eletricidade e o da Termodinâmica), que não podem ser ensinados de imediato, nem como sistemas de conceitos, nem como conceitos isolados.

Sistematizando, Vergnaud (1990, 145) define conceito como um de três conjuntos:

- ✓ Um conjunto de situações físicas (S), que dão sentido ao conceito e nas quais o sujeito sabe utilizar o conceito (*o referente*).

- ✓ Um conjunto de invariantes (*I*) (*o significado*).
- ✓ Um conjunto de formas linguísticas e simbólicas que permitem representar (*R*) simbolicamente o conceito, as suas propriedades e as situações que o conceito permite tratar. Este conjunto permite comunicar, representar e tomar o conceito como objeto de pensamento (*o significante*).

Utilizando uma terminologia que talvez seja mais perceptível, *S* é equivalente ao referente ou à realidade física, *I* e *R* correspondem à representação do conceito, respetivamente interna (mental) e externa (traduzida linguística ou simbolicamente). O conceito pode, portanto, ser considerado em termos de duas vertentes inter-relacionadas: o significado (*I+S*) e o significante (*R*).

Daqui resulta que ao longo da aprendizagem é preciso considerar estes três conjuntos simultaneamente. Não há, em geral, correspondência biunívoca entre significantes e significados, nem entre invariantes e situações. «Não se pode portanto, reduzir o significado nem aos significantes nem às situações físicas» (Vergnaud, 1990, 145).

Por outro lado, como foi referido, um conceito específico não se refere a um só tipo de situação e uma situação particular não pode ser analisada com um só conceito.

2.9.4. Noção de Esquema

Vergnaud utiliza ainda outra noção, que designa por *esquema* (ver p. 22), que pode ser útil para compreender a aprendizagem. A noção de esquema, que radica em Piaget, é para Vergnaud (1996b, 201) a organização invariante do comportamento para uma determinada tipologia de situações. Note-se que não é o comportamento que é invariante, mas sim a organização do comportamento: para uma dado conjunto de situações, o sujeito não repete sempre o mesmo comportamento; adapta-o a partir de um determinado padrão que desenvolveu ao longo do tempo associado a esse conjunto de situações.

Os esquemas reportam-se a situações pelo que, segundo Vergnaud (1996b) se deveria falar em interação esquema-situação e não em interação sujeito-objeto. Esta expressão é mais comum, por influência de Piaget, mas é inadequada para descrever a interação referida.

Como reconhece Vergnaud, há classes de situações em que o sujeito dispõe, no seu repertório, das competências⁹ necessárias ao tratamento relativamente imediato da situação. Nestes casos observam-se, para uma mesma classe de situações, comportamentos largamente automatizados, organizados por um só esquema.

Noutras tipologias de situações o sujeito não dispõe de todas as competências necessárias, o que obriga a um tempo de reflexão e exploração, a hesitações, a tentativas frustradas, podendo acabar por ser ou não bem sucedido. Nestes casos observa-se a utilização de vários esquemas, que podem entrar em competição, e que podem ser modificados e re combinados até se atingir (ou não!) o objetivo desejado.

Naturalmente, todos os esquemas comportam uma componente de automatismo e uma componente de decisão consciente. Se um esquema se revelar ineficaz para lidar com uma dada situação, esta experiência levará o sujeito a modificar o esquema ou a utilizar outro esquema.

Assim, a aprendizagem corresponde ao desenvolvimento de um vasto repertório de esquemas, relativos aos mais diversos aspetos da atividade humana. Este repertório só se constrói explorando situações diversificadas, em vários contextos ao longo de bastante tempo. Para Vergnaud, os esquemas referem-se necessariamente a situações, ao ponto de considerar que é melhor falar em interação esquema-situação do que, como fazia Piaget, falar em interação sujeito-objeto e de sugerir que o desenvolvimento cognitivo consiste principalmente, e antes de tudo, no desenvolvimento de um vasto repertório de esquemas (1996b).

De entre as características dos esquemas, anteriormente referidas, é preciso recordar os invariantes operatórios (ver capítulo I, p.1), que constituem a parte conceptual dos esquemas: teoremas-em-ação (*hergoteoremas*) são proposições sobre a realidade consideradas como verdadeiras; conceitos-em-ação (*hergoconceitos*) são objetos, atributos ou categorias de pensamento tidas como relevantes e pertinentes.

Existe, como refere Moreira (2002) com base em Vergnaud, uma dialética entre conceitos-em-ação e teoremas-em-ação. De facto, não existem proposições sem conceitos. Reciprocamente, não há conceitos sem proposições. É a necessidade de derivar ações das representações do mundo, e de ter conceções verdadeiras (ou pelo menos adequadas) acerca do mundo, que torna necessários os conceitos.

⁹ Entenda-se por competência o «conjunto de capacidades organizadas subjacentes aos desempenhos. Não são diretamente observáveis, mas podem ser inferidas a partir dos desempenhos observados» (Lopes, 2002, 22).

No entanto, um conceito-em - ação não é um verdadeiro conceito científico, nem um teorema-em-ação é um verdadeiro teorema, a menos que se tornem explícitos. Em ciência, conceitos e teoremas são explícitos e pode discutir-se a sua pertinência e a sua veracidade. No entanto, tal não é necessariamente o caso dos invariantes operatórios (Vergnaud, 1990). Mas os conceitos-em-ação e teoremas-em-ação podem progressivamente evoluir para verdadeiros conceitos e teoremas científicos. No caso específico da Física os teoremas científicos traduzem-se normalmente em leis, modelos ou hipóteses.

O estatuto do conhecimento toma-se diferente quando ele é explicitado, em vez de ficar implícito, totalmente imerso na ação. O conhecimento explícito tem a possibilidade de ser comunicado a outros e discutido; o conhecimento implícito não. Note-se que tal não significa que a simples exposição dos conceitos e teoremas científicos garanta a sua aprendizagem, porque eles só são apropriados (transformados em esquemas e, posteriormente, em invariantes) por quem aprende se tiverem sido utilizados em situações e contextos diversificados.

Chegamos assim a uma noção de aprendizagem assumida como uma atividade complexa, simultaneamente do domínio do intelecto e da ação, em permanente evolução e com uma forte componente de interação social. Centrada no conhecimento e utilização dos conceitos, a aprendizagem não se reduz a uma atividade puramente intelectual, a que muitas vezes se associa erroneamente a designação de aprendizagem conceptual. Esta noção de aprendizagem permite perceber que a transmissão dos conceitos e teoremas científicos não é eficaz, porque os invariantes que lhes estão subjacentes são construções mentais geradas através da ação (Vergnaud, 1987) e da interação social (Vygotsky,¹⁰ 1934). Esta é a razão por que um ensino essencialmente passivo dificilmente produzirá aprendizagens úteis e duradouras.

2.9.5. A Importância da Teoria de Vergnaud no Ensino

A teoria de Vergnaud, como se viu na secção anterior, tem utilidade prática para a compreensão do modo como se aprende. Tal como refere Moreira (2002), em geral, os

¹⁰ A obra de Lev S. Vygotsky [1896-1934] tem sido divulgada no ocidente através da sua tradução em diferentes línguas. Infelizmente, a grafia do apelido do autor difere de língua para língua. Assim, nas traduções em língua inglesa o apelido aparece grafado como Vygotsky, em português do Brasil como Vigotsky e em francês como Vygotsky. Como se recorreu a traduções em várias línguas, o nome aparece nas referências com a grafia da tradução respetiva, mas no corpo deste texto usa-se sempre Vygotsky para simplificar.

alunos não são capazes de explicar ou mesmo expressar, em linguagem natural, os seus teoremas e conceitos-em-ação. Na abordagem de uma situação, os dados a serem trabalhados e a sequência de tarefas (cálculos, argumentações, etc.) a serem feitas dependem de teoremas-em-ação e da identificação dos diferentes tipos de elementos pertinentes. A maioria desses conceitos e teoremas-em-ação permanecem totalmente implícitos, mas podem tornar-se explícitos.

É aqui que entra o ensino: o professor pode ajudar o aluno a construir conceitos, hipóteses, modelos e leis explícitos e cientificamente aceites. Um aspeto crucial é que esta construção não parte do nada, mas sim do conhecimento implícito e dos conhecimentos explícitos que cada aluno já possa ter. É nesse sentido que conceitos-em-ação e teoremas-em-ação podem, progressivamente, tornar-se verdadeiros conceitos e teoremas científicos, o que pode levar muito tempo.

Também Vygotsky (1934) associa o desenvolvimento dos conceitos científicos à aprendizagem com tutor, considerando a presença do professor essencial para corrigir, dar novos sentidos, questionar e orientar.

Vygotsky considera que os conceitos se formam num processo interno e complexo, que pode designar-se de apropriação pessoal, em que os conceitos evoluem progressiva e lentamente para formas mais elaboradas. No entanto, considera também que o processo de aprendizagem não é exclusivamente dependente do desenvolvimento cognitivo do sujeito. Propõe mesmo o conceito de zona de desenvolvimento próximo como forma de desenvolver o conhecimento científico dos indivíduos, a par do seu desenvolvimento cognitivo, com a intervenção do professor. Nesta perspetiva, os conceitos científicos não resultam apenas duma construção individual do sujeito, mas também duma construção social. No caso da aprendizagem com tutor, designadamente em contexto escolar, é aqui, atuando na zona de desenvolvimento próximo, que o professor deve assumir o seu papel fundamental de mediador.

Resumindo a Teoria dos Campos Conceptuais de Gerard Vergnaud, apresenta-se um mapa conceptual, ou seja, um diagrama conceptual destacando os conceitos-chave da teoria e as suas principais interrelações. De salientar que as palavras que aparecem sobre as linhas conectando os conceitos procuram explicitar a natureza da relação entre elas. Por exemplo, a relação entre situações e conceitos é referente, pois as situações é que dão sentido ao conceito, i.e., constituem o referente do conceito. Outro exemplo: a interação entre situações e esquemas é a fonte primária das representações simbólicas e

estas constituem o significante de um conceito. As setas, quando existem, sugerem apenas uma direção para leitura.

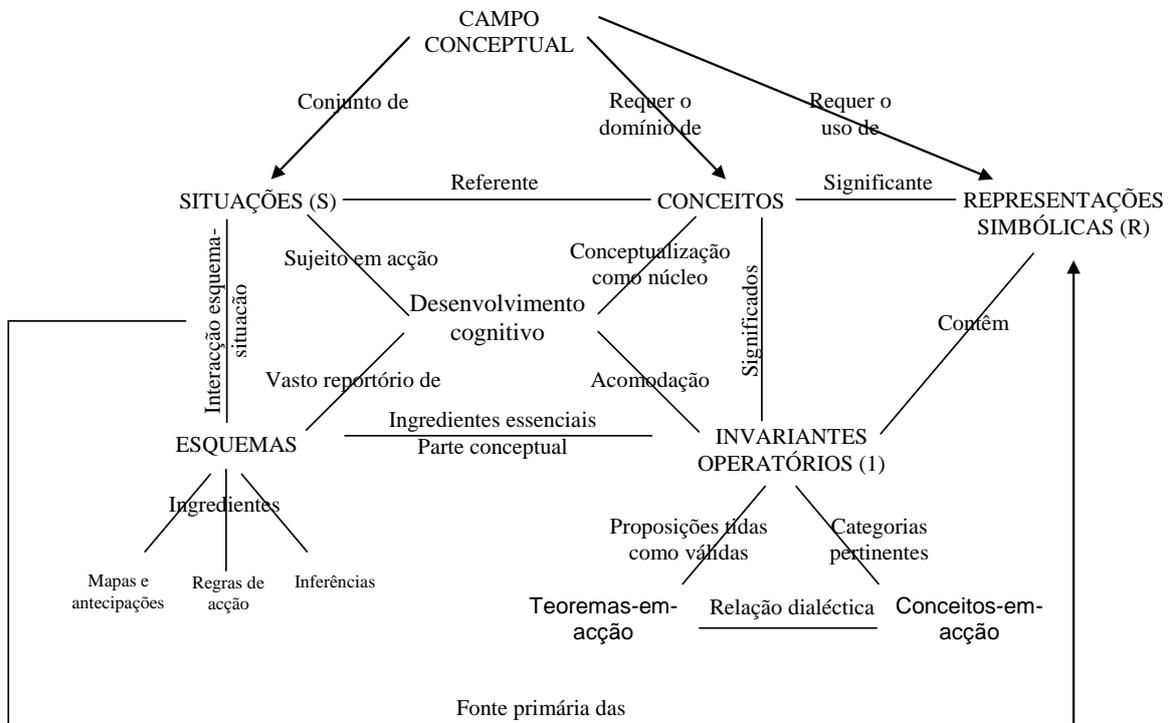


Figura H - Mapa de conceitos para a Teoria dos Campos Conceptuais de Vergnaud (M.A. Moreira, 2002,18)

CAPÍTULO III - METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

3. Introdução

O terceiro capítulo é reservado à apresentação e fundamentação dos procedimentos utilizados para a concretização dos objetivos delineados para a presente tese. Procurando uma maior clarificação desses procedimentos, fazemos uma abordagem teórica à investigação qualitativa, incidindo nos enfoques e credibilidade desta metodologia. Seguidamente é feita uma breve descrição e caracterização da amostra dos participantes. São ainda referidas as técnicas de recolha de dados durante a investigação, nomeadamente, a observação e o inquérito por questionário e entrevista.

3.1. Investigação-Ação

Dada a natureza do objeto de investigação, será escolhida uma metodologia dual quantitativa/qualitativa, que será descrita nos pontos seguintes (Rodríguez, Gil & Garcia, 1999).

Diferentes autores (Stenhouse, 1993; Elliott, 1994; Caride, 1995; McKernan, 1996; Fullan e Hargreaves, 2001) concordam com a necessidade de promover o conhecimento através da reflexão - ação, ou seja, da investigação-ação.

Estamos plenamente de acordo com Caride (1995, 42) na seguinte afirmação: “as perspetivas críticas enfrentam o desafio de realizar uma missão dupla: de diagnóstico e ação, de conhecimento e praxe”. Só tomando conhecimento do significado e alcance das práticas hegemónicas e interpretando-as, se conseguirá construir uma pedagogia crítica, democrática e solidária, segundo a perspetiva de Giroux (1990), onde nós estamos perfeitamente de acordo. A investigação-ação, como forma de estudo auto-reflexivo realizado pelos participantes, é uma metodologia essencialmente qualitativa adequada para o conhecimento e compreensão da prática, do meio onde é desenvolvida e da atuação sobre ela no sentido de a modificar. Pelos méritos que lhe são reconhecidos, esta metodologia tem sido, nos últimos anos, aplicada com frequência a

problemas relativos ao desenvolvimento do currículo, no campo da formação (inicial e contínua) de professores e particularmente no âmbito da autoavaliação (McKernan, 1996).

Elliott (1994) e McKernan (1996) caracterizam assim este processo que resumimos da seguinte forma:

- ✓ A investigação nas escolas analisa as ações humanas e as situações sociais experimentadas pelos professores, como inaceitáveis ou problemáticas, suscetíveis de mudança (contingentes) e que requerem resposta prática (prescritivas);
- ✓ A meta da investigação-ação é aprofundar a compreensão do problema do investigador (postura exploratória), embora essa compreensão não determine a ação adequada, ainda que esta se deva fundamentar precisamente na compreensão;
- ✓ A investigação-ação adota uma postura teórica, segundo a qual, a ação empreendida para mudar a situação, se suspende temporalmente até se conseguir uma compreensão mais profunda do problema prático em questão;
- ✓ Ao explicar «o que acontece», a investigação utiliza a metodologia de estudo de caso, com a intenção de «contar uma história» sobre o que se está a suceder e como os acontecimentos permanecem unidos (explicação naturalista apresentada forma narrativa);
- ✓ O estudo de caso interpreta «o que acontece» a partir do ponto de vista, das percepções e crenças de quem atua e interage na situação problema (professores e alunos);
- ✓ A investigação -ação utiliza a linguagem do discurso corrente utilizado pelos participantes, podendo os relatos da investigação serem validados nos diálogos com estes;
- ✓ A investigação - ação implica os participantes na autorreflexão sobre a sua situação, enquanto colegas e colaboradores ativos na investigação;
- ✓ A investigação - ação inclui o diálogo aberto, um fluxo livre de informação entre todos e não se pode levar a cabo se não há confiança e fidelidade a um marco ético mutuamente aceite.

Na figura I, esquematizam-se os passos metodológicos da investigação-ação, assim como os terrenos onde se desenvolve, e que se podem descrever da seguinte forma:

1. É um processo contínuo, progressivo, sequencial e que articula pensamento e prática, por conseguinte, o seu desenvolvimento faz-se nos terrenos da prática e da reflexão.
2. Inicia-se o processo de indagação, diagnóstico na própria prática.
3. Aprofunda-se o significado do problema, das perspetivas que o explicam, delibera-se que decisões podem conduzir a respostas.
4. Analisam-se dados, interpretam-se, relacionam-se com as intencionalidades educativas, para se perceberem as mudanças desejáveis.
5. Avalia-se o processo, propõe-se novas alternativas de ação, dando início a um novo ciclo, donde se recolhem evidências que conduzem a novas análises do estado do problema.

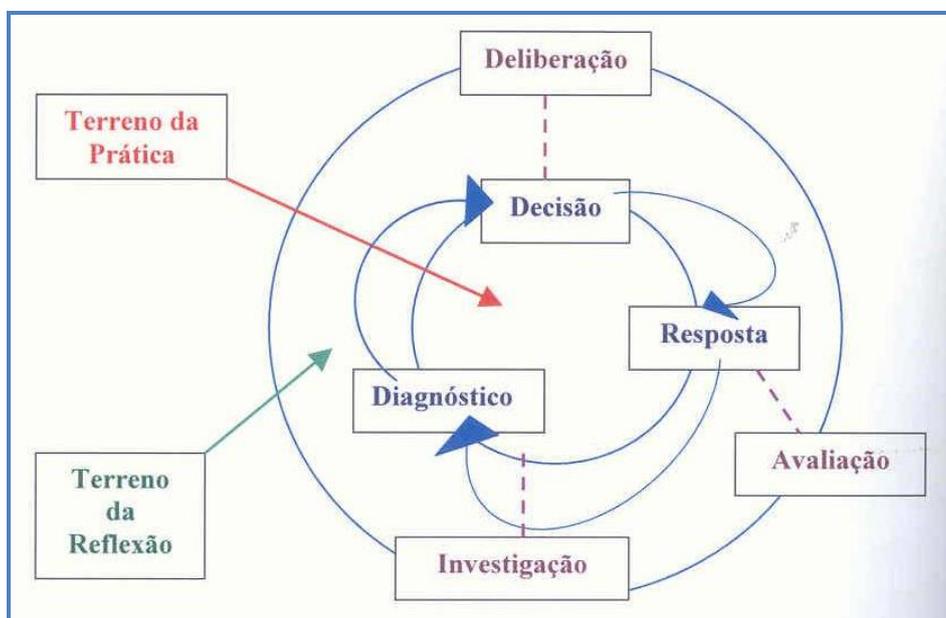


Figura I - Terrenos e passos da investigação-ação (adaptada de Elliott (1994, 24))

3.1.1. Modalidades e Modelos de Investigação-Ação

À semelhança do que sucede em outras metodologias, a investigação-ação apresenta diferentes formas de ser desenvolvida, em função dos indivíduos, dos contextos, das situações e das condições em que se processa. Sendo que vários autores destacam as seguintes modalidades fundamentais: técnica, prática e crítica (Coutinho *et al.*, 2009). Estas modalidades baseiam-se em diferentes critérios como: os objetivos, o papel do investigador, o tipo de conhecimento que gera as formas de ação, bem como o nível de participação.

A modalidade de investigação-ação técnica ocorre quando o facilitador externo propõe a experimentação de resultados de investigações externas. Os objetivos e o desenvolvimento metodológico são predefinidos pelo facilitador externo. O professor limita-se a colocá-los em prática. Esta modalidade de investigação-ação pode ser utilizada como forma de aprendizagem inicial de investigação e procura apenas a obtenção de resultados já predefinidos. A investigação-ação prática é caracterizada por um papel ativo e autónomo do professor, sendo ele próprio a conduzir o processo de investigação. Os facilitadores externos têm uma relação de cooperação com os professores, ajudando-os a articular as suas próprias preocupações, a planear a estratégia de mudança, a detetar os problemas, ajudando-os a refletir sobre os resultados das mudanças já efetuadas. Esta modalidade ajuda a desenvolver o raciocínio e o juízo prático dos professores. O facilitador assume um papel socrático, não intervindo no processo nem questionando o seu rumo. Na prática é um consultor do processo. A investigação-ação crítica vai para além da ação pedagógica, intervindo na transformação do próprio sistema, procurando facilitar a implementação de soluções que promovam a melhoria da ação. Ainda segundo Coutinho (2009), esta última modalidade é, talvez, aquela que mais se enquadra no verdadeiro espírito do paradigma sociocrítico, na medida em que se desenvolve num ambiente de maior colaboração social e preconiza, de uma forma mais intencional, a mudança.

Segundo Coutinho et al (2009), na investigação-ação observam-se um conjunto de fases que se desenvolvem de forma contínua resumindo-se, basicamente, na sequência planificação, ação, observação (avaliação) e reflexão (teorização). Este conjunto de procedimentos em movimento circular dá início a um novo ciclo que,

por sua vez, desencadeia novas espirais de experiências de ação reflexiva.

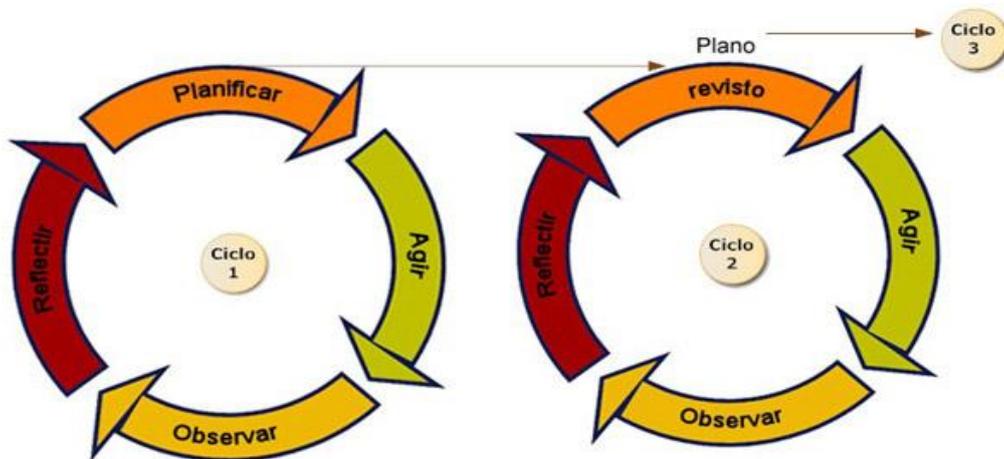


Figura J – Espiral de ciclos da IA (Coutinho *et al.*, 2009, 366).

Pela figura J, verifica-se que um processo de Investigação-Ação não se confina a um único ciclo, pois de facto, e uma vez que o que se pretende com esta metodologia é, acima de tudo, operar mudanças nas práticas tendo em vista alcançar melhorias de resultados, normalmente esta sequência de fases repete-se ao longo do tempo, há necessidade por parte do professor/investigador, de explorar e analisar todo o conjunto de interações ocorridas durante o processo, e proceder a reajustes na investigação do problema. A metodologia da investigação-ação enquadra-se na perspetiva sócio crítica, pelo que este movimento espiralado de ação-reflexão é, na maior parte das vezes, levado a cabo por equipas de professores que constituem “comunidades críticas”, encarnando, assim, do ponto de vista filosófico, o princípio da pluralidade, característico deste paradigma, e que preferem o trabalho sustentado na discussão em detrimento da natureza solitária de outros tipos de investigação (Coutinho *et al.*, 2009).

3.1.2. Enfoques da Investigação Qualitativa

A investigação qualitativa tem significados diferentes em cada momento. Uma primeira definição, apontada por Denzin e Lincoln, destaca que «é multimetódica na abordagem, implica uma abordagem interpretativa e naturalista» (1994, 2). Isto significa que os investigadores qualitativos estudam a realidade no seu contexto natural, tentando obter o sentido de interpretar os fenómenos, de acordo com os significados que têm para as pessoas envolvidas.

A investigação qualitativa implica a utilização e recolha de uma grande variedade de materiais, como por exemplo, a entrevista, experiência pessoal, historial de vida, observações, textos históricos, imagens e sons. Estes que descrevem a rotina e as situações problemáticas e respetivos significados na vida das pessoas.

Taylor e Bodgan consideram, em sentido amplo, a investigação qualitativa como «aquela que produz dados descritivos: as próprias palavras e pessoas, faladas ou escritas, e a conduta observável» (1986, 20). Estes autores alegam e assinalam as seguintes características próprias da investigação qualitativa:

1. É educativa
2. O investigador vê o cenário e as pessoas desde uma perspetiva holística; as pessoas, os cenários e os grupos não são reduzidos a variáveis, são considerados como um todo.
3. Os investigadores qualitativos são sensíveis aos afetos que eles mesmos causam sobre as pessoas, que são objeto de estudo.
4. Os investigadores qualitativos compreendem as pessoas dentro de um ponto de referência das mesmas.
5. O investigador qualitativo suspende ou põe de lado as próprias crenças, perspetivas e predisposições.
6. Para o investigador qualitativo, todas as perspetivas são valiosas.
7. Os métodos qualitativos são humanistas.
8. Os investigadores qualitativos dão ênfase à validade da sua investigação.
9. Para o investigador qualitativo, todos os cenários e pessoas são dignos de estudo.

«A investigação qualitativa é uma arte» Taylor e Bodgan (1986, 20).

3.1.3. Credibilidade da Investigação Qualitativa

A credibilidade da investigação qualitativa depende da veracidade dos dados, da sua análise e das conclusões. Algumas das perguntas que se podem fazer para estimar a dita credibilidade são: os temas e padrões de comportamento emergiram dos dados plausíveis? São precisos, consistentes e significativos? A credibilidade obtém-se através de quatro procedimentos:

- ✓ Triangulação - Comparação dos resultados obtidos através de diferentes técnicas de recolha de dados, de diferentes lugares e de diferentes amostras.

- ✓ **Fiabilidade** - Define-se como exatidão as observações (se o que foi registado ocorreu realmente). Tal significa que qualquer outro investigador as realizaria da mesma forma.

- ✓ **Validade interna** -Concordância entre as categorias e a interpretação do observador e do que realmente é. Representa o grau com que os dados qualitativos recolhidos avaliam com precisão o que se pretende medir.

- ✓ **Validade externa**. O poder de generalização dos resultados na investigação qualitativa é muito débil, mas na realidade o objetivo da investigação é melhorar a compreensão dos fenómenos. Na investigação qualitativa, no lugar de generalização, aplicam-se termos como traslabilidade e comparabilidade. A ênfase está nos dados, nas categorias, nas análises e nos padrões de descrição, fazendo-se compreensíveis para os outros. Obtêm-se indicadores, pois as amostras não são representativos da população.

3.2. Caracterização da Amostra

3.2.1. Amostra

O trabalho de campo foi desenvolvido numa escola pública com 3º ciclo e ensino secundário, em Vila Real. A amostra escolhida foi de 30 alunos com idades compreendidas entre os 14 e os 17 anos do curso profissional de Técnico de Gestão do Ambiente. Justificamos esta escolha devido à facilidade de acesso à amostra, uma vez que a investigadora era a professora destes alunos. De realçar que estes alunos têm um percurso contínuo com a investigadora, desde o 7º ano de escolaridade, facto que poderá facilitar o estudo a desenvolver, devido ao grau de confiança destes alunos em relação à professora-investigadora. Este papel duplo do sujeito que investiga é típico da Investigação-Ação, trazendo benefícios, mas também dificuldades, como o distanciamento necessário na análise dos resultados.

A caracterização geral dos sujeitos da amostra encontra-se em anexo (anexo I, p.235), por ser bastante pormenorizada, faz uma descrição da idade, família, habilitações literárias dos pais, grau de parentesco do encarregado, interesse dos sujeitos

pela escola, preferência de profissão e disciplinas, entre outras. Estas informações permitem-nos caracterizar os alunos da amostra, permitindo aceder a um melhor conhecimento dos sujeitos da amostra, para assim se entender que tipo de conhecimentos e habilidades eles trazem para a investigação.

3.3. Técnicas de recolha de dados

As técnicas de recolha de dados usadas nesta investigação, são a observação e o inquérito por entrevista, utilizadas tanto como procedimento isolado como combinado. A recolha de dados foi feita exclusivamente pela investigadora e no contexto escolar baseando-se: a) no uso dos conceitos do campo conceptual, por parte dos alunos, ao enfrentar tarefas e problemas; b) gravação áudio dos comentários dos alunos (foi pedido aos alunos que pensassem em voz alta) durante a realização das tarefas; c) transcrição das gravações; d) identificação de eventos de interesse nos textos (Goetz & Lecompte, 1988); e) grelhas de observação de aulas; f) tabelas de registo de observações; g) diários de bordo.

As atividades de aprendizagem foram propostas em tempo real de sala de aula, dentro do horário letivo.

De acordo com o sentido descrito pela Teoria dos Campos Conceptuais, elaboraram-se três instrumentos (contendo situações-problemáticas/tarefas de lápis e papel) para a realização da investigação: Teste de Associação de Conhecimentos, Fichas de Atividades-Situações problemáticas, e guião de Entrevista. Esta ação desenvolveu-se em três momentos distintos. No primeiro momento (Estudo 1), foi aplicado o primeiro instrumento que consta de perguntas de escolha múltipla de modo a aferirmos sobre a associação de conhecimentos dos alunos, indagando sobre ideias prévias, constrangimentos, conceitos e teoremas em ação. No segundo momento (Estudo 2), foram apresentadas, aos alunos, diversas situações com perguntas de resposta aberta, de maneira a que a recolha de dados permitisse aferir características dos invariantes dos esquemas usados pelos alunos para reconhecer as situações e representações simbólicas e gráficas, que os ajudam na conceptualização e assimilação dos significados do campo conceptual. No que concerne ao terceiro momento (Estudo 3), dada a natureza do estudo, foi aplicada uma entrevista semiestruturada, com o intuito de tentar de uma

forma mais próxima (interação professora/aluno) e orientada explorar e caracterizar as representações dos alunos sobre o Campo Conceptual, objeto do nosso estudo.

Na construção destes instrumentos foram consultados manuais de Física, textos de epistemologia e história da ciência bem como artigos e textos científicos. Foram, ainda sujeitos à apreciação e validação por parte de um reconhecido investigador em Didática das Ciências Experimentais, o Professor Doutor Jesus Mariano Merino de la Fuente, Catedrático e Diretor do Departamento de Didática das Ciências Experimentais da Universidade de Valladolid.

Justificamos a escolha desta estratégia de recolha de dados com base nas questões em estudo, nas necessidades e dúvidas que foram surgindo ao longo da investigação. Desta forma, efetuaram-se algumas alterações decorrentes da necessidade de ajustar as opções face às dificuldades, aos dados encontrados e, sobretudo, às novas questões que foram sendo construídas a partir da análise de alguns documentos. Implicitamente, o modelo foi-se alterando consoante ia avançando a investigação.

De seguida faremos uma descrição mais detalhada de cada instrumento de recolha de dados, utilizados nesta investigação.

3.3.1. Observação

A observação pode ter muitas formas, dependendo do grau de participação do observador. Na observação qualitativa o investigador passa muito tempo a observar com o objetivo de obter uma compreensão rica do fenómeno estudado. Um aspeto importante na investigação é o tempo que o investigador atua como participante ativo.

Neste estudo usamos três tipos de observação mediante os três diferentes instrumentos utilizados: observador não-participante (o investigador interatua com os participantes, mas não é membro do grupo), observador participante (o investigador será professor dos alunos da amostra-membro ativo no grupo) e observador externo não-participante (observa mas não participa). Existe uma possível combinação entre os dois primeiros tipos de observação: observador externo no princípio do estudo e participante nas últimas fases do mesmo (Merino, 2003).

Segundo Merino (2003) a maior parte da investigação qualitativa é naturalista dando ênfase à compreensão do ambiente natural como é vivido pelos participantes, sem que haja uma intenção por parte do investigador de manipular o ambiente. A implicação emocional do observador (professora investigadora) pode causar erros na

interpretação dos dados. Cada sessão de observação centrou-se num objetivo único. Sendo assim foi necessário ter à mão um protocolo ou listagem com os aspetos que guiaram a observação. O protocolo facilitou a organização e classificação das notas de campo e incluiu os seguintes aspetos:

- ✓ Quem se observa: quantas pessoas estão envolvidas, quem são, que papéis desempenham.
- ✓ Como se desenrola a sessão: qual a natureza do problema, o que dizem ou fazem os participantes, como é o contexto físico do ambiente, quem faz de líder, quem segue os outros, quem é decisivo, quem não o é, como é o clima da sessão, que crenças, atitudes ou valores podem emergir.
- ✓ Como termina a sessão: o grupo está dividido, unido, cansado, aborrecido ou melhorado.
- ✓ Que atividades ou interações resultam significativamente para o esclarecimento do problema.

A análise dos dados ocorreu ao mesmo tempo que se tiraram os registos. Estes proporcionaram descrições detalhadas do fenómeno observado, por serem descrições escritas do que se observou associadas às interpretações da investigadora. Constituíram os dados brutos que a investigadora analisou para dar resposta ao problema de investigação. Refira-se que os registos neste estudo foram do tipo descritivo e reflexivo. Os registos descritivos incluem esboços, palavras, planos e diagramas como forma de expressão do que ocorreu no contexto. São geralmente descrições de extravaso, da aparência física, do carácter dos participantes, do que dizem e como atuam. Por outro lado, os registos reflexivos são especulações do investigador, expressão dos seus sentimentos, interpretações, ideias e impressões que se formam à medida que os dados são registados. As reflexões incluem temas emergentes e padrões de resposta, pensamento acerca dos problemas observados, preocupações éticas, etc. É muito importante manter estas descrições separadas da informação descritiva e catalogá-la como comentários do observador. É igualmente importante que os registos sejam precisos e suficientemente extensos.

3.3.2. Testes

Aplicámos o Teste de Associação de Conhecimentos-TAC, numa primeira fase, por ser um instrumento que nos facilitaria a deteção das ideias prévias dos alunos, bem como os conhecimentos relativos ao Campo Concetual, objeto deste estudo.

Este instrumento (anexo II, p.242) é constituído por oito questões de escolha múltipla, que apresentam diferentes situações ilustrativas dos conceitos que pretendemos testar. Pretendemos obter dados em linguagem escrita e de representações simbólicas da Física e também analisar e caracterizar os níveis de conceptualização do campo concetual, atingidos pelos alunos. Foi solicitado aos alunos que respondessem a todas as questões, sendo extensivamente divulgado que o resultado não traria qualquer benefício ou prejuízo ao aluno na disciplina, o que ocorreu sem problemas. A duração do teste foi de noventa minutos.

Para o segundo instrumento (Situações-problemáticas) aplicámos duas fichas de atividades propostas, a primeira ficha organizada em torno de seis atividades e a segunda ficha organizada em torno de três situações-problemáticas. Estas fichas de atividades (anexo III, p.252) descrevem as situações tratadas, bem como as principais tarefas que servem de orientação para os alunos na obtenção de respostas em relação a cada situação.

Procedemos à organização dos alunos da turma em cinco grupos de três elementos para a resolução das atividades propostas. Cada grupo, orientado pela professora, analisa qualitativamente as situações - problemáticas, elaborando hipóteses que permitam utilizar diferentes estratégias de solução. Durante a resolução das atividades, os alunos são incentivados a verbalizar o máximo possível. Estipulou-se um tempo de trinta minutos para cada atividade no fim do qual cada grupo expôs as suas respostas, sendo estas registadas por uma câmara de vídeo para posterior transcrição. De referir que nestas aulas a turma estava desdobrada, pelo que a professora apenas orienta quinze alunos em cada bloco.

3.3.3. Inquérito por Entrevista

O inquérito por entrevista como elemento informativo-chave é uma outra técnica muito utilizada na investigação qualitativa. As entrevistas geralmente aplicam-se para recolher informação (que não pode obter-se através da observação) e, também, para verificar observações. Pode também servir para influir sobre certos aspetos da conduta (opiniões, sentimentos, comportamentos), ou exercer um efeito terapêutico. O objetivo é

conhecer o ponto de vista dos participantes: como pensam, interpretam e explicam o comportamento no contexto natural do objeto de estudo. O grau de estruturação da entrevista depende do propósito da investigação.

No desenrolar da entrevista há que considerar aspetos relativos à relação entrevistador-entrevistado, à formulação das perguntas, à recolha e registo das respostas e à finalização do contacto entrevistador-entrevistado. Não obstante, temos de reconhecer a existência de estratégias diferentes segundo as diferentes modalidades da entrevista. A entrevista classifica-se da seguinte forma: estruturada, não estruturada, semiestruturada e de grupo. A nossa escolha recaiu na entrevista semiestruturada pois interessa-nos obter dados comparáveis de participantes diferentes e desta forma personalizar a análise. Esta entrevista foi pensada para complementar a avaliação da eficácia do método pois, se por um lado o TAC nos dava uma grande fiabilidade dos resultados, a entrevista forneceria uma maior quantidade de dados para obtenção de resultados mais consistentes.

A entrevistadora e o(a) aluno(a) entrevistado(a) eram as únicas pessoas presentes na sala durante o decurso da entrevista. Cada entrevista teve a duração de 15 minutos. Aplicamos a entrevista através de um enunciado com três situações-problemas (a que chamamos tarefas) pretendendo obter dados que permitam demonstrar uma ordem de raciocínio e determinar os obstáculos com que os alunos se deparam. Pretendemos também analisar e caracterizar os níveis de concetualização atingidos pelos alunos.

A cada entrevistado era cedido o guião da entrevista que clarificava as situações em cada tarefa de modo a que o aluno esquematizasse o seu raciocínio. Este guião (anexo VIII, p.290) apresenta as situações problemáticas, bem como as principais questões que deveriam ser abordadas em relação a cada situação. Contudo, a entrevistadora não se restringiu apenas a essas questões, tendo a possibilidade de introduzir outras, em função das respostas dadas pelos entrevistados às questões iniciais, e tendo como objetivo a clarificação dessas respostas e/ou obtenção de mais informação. Tal justifica a sua classificação em entrevista semiestruturada.

Durante a apresentação das situações-problemáticas e ao longo da entrevista, a entrevistadora não usou linguagem diferente da utilizada pelos alunos, tendo apenas usado os termos científicos após a introdução espontânea desses mesmos termos por parte dos alunos.

A recolha dos dados foi feita individualmente a cada elemento da amostra, à semelhança do teste de conhecimentos. A diferença consiste no facto de com uma entrevista semiestruturada podermos esmiuçar as ideias dos alunos ao máximo e, deste modo, obteremos mais dados para a análise.

Os investigadores têm duas opções para recolher os dados: tirar notas durante a entrevista ou tirar notas depois de as ter gravado em cassete. A última opção é a mais viável na prática, se bem que as duas têm vantagens e desvantagens, pelo que foram ambas utilizadas.

De acordo com Seidman (1981), alguns comportamentos por parte do investigador podem melhorar a recolha dos dados mediante a entrevista que a seguir expomos resumidamente:

- ✓ Ouvir mais que falar.
- ✓ Evitar fazer perguntas erradas.
- ✓ Não interromper. Aprender a esperar.
- ✓ Perguntar detalhes concretos.
- ✓ Tolerar o silêncio (isto significa que a pessoa está a pensar).
- ✓ Não julgar as crenças e pontos de vista dos entrevistadores. O investigador está ali para aprender, independentemente de estar de acordo ou não.
- ✓ Não discutir ou debater com o entrevistado as suas respostas. O investigador apenas recolhe a informação.

Com a análise da interpretação dos resultados, o entrevistador sistematiza, ordena, relaciona e extrai conclusões relativas ao problema estudado. Os dados pouco elaborados recolhidos numa fase anterior, são transformados numa informação valiosa sobre o problema estudado que conduz à modificação de certas atitudes dos sujeitos entrevistados. No processo de análise e interpretação de resultados, devemos distinguir uma causa diferente que afeta as distintas modalidades de entrevistas.

Existem duas considerações importantes, a validade da observação e da entrevista: a validade só está presente se se avaliar o que de facto se pretende medir. Assim é importante ter em atenção os erros do observador e os efeitos do observador. Os erros do observador ocorrem quando a perspetiva do investigador influencia o que vê e ouve, enquanto procede à recolha dos dados. Os efeitos do observador têm lugar quando a presença do investigador leva os participantes a comportarem-se de modo

distinto do que é habitual. Para incrementar a validade dos dados obtidos e reduzir os erros (aumentar a fiabilidade) é frequente incorporar na investigação mais que um observador ou entrevistador e/ou triangular os dados mediante técnicas e procedimentos diversos. Assim, aquando da aplicação destes instrumentos contou-se com a participação da Orientadora. A entrevista teve a duração aproximada de vinte minutos para cada aluno. Foi realizada fora das horas da aula, ocupando-se, assim, três tardes livres no horário dos alunos, com o consentimento dos Encarregados de Educação.

3.4. A Teoria dos Campos Conceptuais e os Conceitos da Mecânica Newtoniana

Com o propósito de articular a Teoria dos Campos Conceptuais com a estrutura dos conceitos da Mecânica Newtoniana construídos pela Física, apresenta-se uma interpretação da Teoria de Vergnaud sobre o Campo Conceptual da Mecânica Newtoniana. Interpretação que serviu de base ao nosso estudo. Segundo a interpretação desta teoria, o campo concetual da Mecânica pode ser construído a partir dos seguintes elementos:

- ✓ Campo conceptual = $\{S; I; R\}$ em que $S = \{FF\}$ é o conjunto de situações que incluem fenómenos e problemas físicos que descrevem e dão sentido à Mecânica Newtoniana.
- ✓ $I = \{I(FF) \cup I(OM)\}$ é o conjunto de invariantes operatórios $I(FF)$ e invariantes matemáticos $I(OM)$ cientificamente aceites, que se aplicam nas situações (problemas, fenómenos, objetos matemáticos), que mediante as suas propriedades, relações e transformações dão significado à Mecânica Newtoniana.
- ✓ R é um conjunto de representações simbólicas (linguagem natural, gráficos e diagramas, sentenças formais, etc.), relativas ao Campo Conceptual da Mecânica Newtoniana, que podem ser usadas para indicar e representar esses invariantes e, conseqüentemente, representar as situações e os procedimentos para lidar com elas.

O conjunto de invariantes físicas $I (FF)$ tem como elementos as operações e propriedades que se relacionam com conceitos físicos tais como: *posição, velocidade, aceleração, massa e força*. Contudo existe um outro conjunto de propriedades que deriva da relação com as anteriores, tais como: *trabalho, potencial*, entre outras.

As propriedades das operações físicas são os princípios e leis físicas expressas nas operações e propriedades matemáticas. Por exemplo, no caso da Mecânica Clássica são as Leis de Newton, ou seja, o princípio da inércia, da ação-reação e da dinâmica do movimento. Além disso, o trabalho a energia, das relações força/energia potencial.

O conjunto de invariantes matemáticos $I (OM)$ tem como elementos os conceitos matemáticos como *grandeza escalar, vetorial, função* e também as operações e propriedades da álgebra vetorial e do cálculo diferencial e integral.

A seguinte equação, $R = \{R [FF \cup I(FF) \cup I(OM)]\}$, constitui o conjunto de representações simbólicas e gráficas usadas nas situações (problemas e fenómenos): as representações simbólicas dos invariantes operatórios físicos $I (FF)$ e matemáticos $I(OM)$ e suas propriedades (representações de princípios e leis físicas, representações de operações matemáticas e suas propriedades expressas mediante representações geométricas de vetores, gráficas e tabelas).

Contudo, os conceitos dos alunos nem sempre coincidem com os conceitos científicos e manifestam-se no pensamento e na comunicação com uma explicação simbólica ou gráfica mediante imagens, esboços, cálculo e linguagem natural. Em consequência, os invariantes operatórios da Mecânica são os elementos chave que permitem melhorar as relações de conhecimento entre a estrutura cognitiva do estudante e a realidade. Funcionam como mediadores do desenrolar da atividade representativa e a sua ação sobre a realidade, como também as formas de organização e estruturação dos diferentes conceitos da Mecânica Newtoniana.

3.4.1. As Leis de Newton

De acordo com a interpretação da teoria de Gerard Vergnaud, que serve de base a esta Investigação os conteúdos da disciplina ministrada e os conteúdos do Campo Concetual, cuja aprendizagem e concetualização se investigam nesta Tese, articulam-se através de um conjunto de elementos que passamos a descrever a seguir.

Neste bloco são reconhecidos os conteúdos das leis de Newton na área das Ciências Físico-Químicas, praticamente na sua totalidade já que a maioria dos ditos conteúdos é

básica desde o ponto de vista da formação do aluno até ao desenvolver adequado do conjunto da área científico-natural.

Os conceitos e noções que vão ser testados na nossa investigação são os seguintes:

1. Noção de movimento e situações físicas que advêm deste.
2. Noção de repouso e situações físicas que advêm deste.
3. Noção de força como grandeza escalar e vetorial.
4. Representação gráfica do vetor força e suas convenções.
5. Noção de velocidade.
6. Caracterização do vetor força.
7. Associação de velocidade constante com movimento retilíneo uniforme.
8. Identificação de diferentes tipos de forças (peso, normal, resistência do ar e força de atrito).
9. Identificação da lei da inércia ou 1ª lei de Newton.
10. Relação de proporcionalidade entre constantes físicas.
11. Noção de massa de um corpo
12. Noção de aceleração.
13. Identificação da lei fundamental da dinâmica ou 2ª lei de Newton.
14. Identificação dos pares ação-reação.
15. Identificação da lei da ação-reação ou 3ª lei de Newton.
16. Associação das leis de Newton com situações do dia-a-dia.

Os procedimentos que vão ser aplicados, para testar os alunos, são:

Utilização de linguagem distinta

1. Enunciar as três leis de Newton, nomeadamente a lei da inércia, lei fundamental da dinâmica e lei da ação-reação.
2. Associação das três leis de Newton com situações do dia-a-dia.
3. Formulação de verbal dos diferentes tipos de forças existentes.
4. Interpretação e utilização das diferentes leis de Newton em contextos diferentes utilizando a notação adequada em cada caso para transmitir a informação.

Algoritmos e perícia

5. Compreender o enunciado das três leis de Newton.
6. Compreender o significado de inércia.
7. Relacionar a variação da velocidade de um corpo com a intensidade de diferentes forças aplicadas sobre ele.
8. Relacionar a variação da velocidade de corpos com massa diferentes quando se aplica uma força de intensidade constante.
9. Identificar as relações de proporcionalidade entre força, aceleração e massa.
10. Enunciar a 2ª Lei de Newton.
11. Compreender e reconhecer a aplicabilidade da 2ª Lei de Newton.
12. Compreender e reconhecer o par ação-reação.
13. Enunciar e compreender a 3ª Lei de Newton.

Estratégias gerais

1. Previsão dos resultados como estratégias de resolução e como recurso de autocorreção a realizar numa operação. Análise da coerência e interpretação de resultados obtidos.
2. Eleição de operações adequadas e da sua devida sequência para resolver problemas.

Atitudes

Referentes à apreciação da Física

1. Valorização da precisão e utilidade da linguagem numérica para representar, comunicar ou resolver diferentes situações da vida quotidiana.
2. Confiança das próprias capacidades para enfrentar problemas e realizar cálculos e estimativas.

Referentes à organização e hábitos de trabalho

3. Disposição favorável à revisão e melhora de resultados.
4. Interesse e respeito pelas estratégias e soluções a problemas distinta das próprias.

5. Sensibilidade e gosto pela apresentação ordenada e clara do processo seguido e dos resultados obtidos.

3.4.2. A Linguagem Algébrica

Neste bloco estão presentes os conteúdos correspondentes à linguagem algébrica das constantes físicas e a sua aplicabilidade como método de trabalho. Neste sentido, interessa-nos destacar a sua utilidade para a simbolização do conjunto de variáveis que ocorrem num fenómeno natural e as relações que se estabelecem entre elas, bem como as vantagens que ocorrem na aplicação da linguagem algébrica na resolução de problemas físicos ou técnicos. O seu interesse também se deve a sua possibilidade de aplicação a situações do quotidiano de outros tipos.

A apresentação deste bloco foi separada de outros que se encontram relacionados devido à sua própria identidade, mas é importante indicar que este bloco tem um desenvolvimento limitado nas unidades didáticas propostas.

Conceitos:

1. Noção e uso de letras (variáveis) para representar valores numéricos conhecidos e desconhecidos.
2. Fórmulas e equações. Expressão das relações entre força, massa e aceleração.

Procedimentos

Utilização de linguagem distinta

1. Interpretação e utilização de linguagem física para representar ideias (formular problemas simples e expressar relações de proporcionalidade).
2. Explicação verbal do processo físico da resolução de problemas.

Algoritmos e perícia

3. Operações entre expressões algébricas simples (somar, subtrair, multiplicar, etc.).
4. Simplificação de expressões algébricas simples.

5. Resolução de problemas por métodos algébricos: identificar a incógnita, estabelecer as relações entre as diferentes variáveis em forma de equação, estimar os resultados, resolver a equação e interpretar os resultados.

Estratégias gerais

6. Previsão de resultados como estratégia de resolução e como recurso de auto-correção a resolver um problema. Análise da coerência e interpretação dos resultados obtidos.
7. Identificação de fenómenos da vida quotidiana e relações que podem ser expressas em termos algébricos.

Atitudes

Referentes à apreciação da Física

1. Valorização da precisão e utilidade da linguagem algébrica para representar, comunicar e resolver diferentes situações do dia – a – dia e como recurso para o estudo de problemas de índole científica.
2. Confiança nas próprias capacidades para resolver problemas por métodos algébricos.

Referentes à organização e hábitos de trabalho.

3. Disposição favorável da revisão e melhora dos resultados de qualquer problema lógico.
4. Interesse e respeito pelas estratégias e soluções de problemas distintos das próprias.
5. Sensibilidade e gosto pela apresentação ordenada e clara do processo seguido e dos resultados obtidos em problemas.

3.4.3. Medida e Cálculo de forças

Através dos dados quantitativos é estabelecida a relação entre o problema como objeto de estudo e o cálculo como instrumento de trabalho. Assim mesmo, o processo

de medida é um recurso necessário para alcançar a precisão própria da tecnologia e da Ciência. Por isso, o desenvolver deste bloco temático é imprescindível.

Este bloco reconhece aspetos básicos sobre as forças, as unidades e o processo de medida.

Conceitos:

1. Unidades de força, massa, velocidade e aceleração.
2. A medida como processo de comparação de uma realidade observável e padrão de referência.
3. Instrumentos de medida (dinamómetro, balança, cronómetro).
4. Medições diretas.
5. Escalas e representação de escalas.
6. Cálculo das constantes físicas.

Procedimentos

Utilização de linguagem distinta

1. Expressão oral e escrita adequada (utilizando a simbologia correspondente) dos resultados obtidos em cálculos de constantes físicas.
2. Comunicação de resultados das medidas realizadas com a precisão adequada segundo os instrumentos de medida adequados.

Algoritmos e perícia

3. Expressão de uma mesma medida em diferentes unidades, de um mesmo sistema, utilizando um processo lógico de conversão.
4. Utilização dos instrumentos habituais para medir força, massa, velocidade.
5. Utilização de algoritmos para a medida directa de força.
6. Utilização de técnicas indirectas de medida quando há dificuldade na medição por procedimentos directos ou outras circunstâncias.

Estratégias gerais

7. Planificação individual e coletiva dos métodos de medição, prevendo os recursos necessários, as operações a realizar e o processamentos dos dados adequados ao problema apresentado.

Atitudes

Referentes à apreciação da Física

1. Reconhecimento e valorização da utilidade da medida, para obter, utilizar e transmitir informações precisas.
2. Interesse por incorporar o vocabulário e a precisão própria da medida em linguagem quotidiana.
3. Confiança nas próprias capacidades para planificar e realizar medições, resolver situações aplicando as medidas obtidas e comunicar corretamente os resultados obtidos.

Referentes à organização e hábitos de trabalho

4. Atitude crítica antes dos resultados de qualquer medida realizada pessoalmente ou precedente de qualquer fonte de informação revendo o dado quando não se ajusta a um valor esperado.
5. Interesse e respeito pelas medidas distintas obtidas por outras pessoas.
6. Hábito de expressar os resultados numéricos correspondentes a forças manifestando as unidades de medida utilizadas.
7. Cuidado e precisão no uso de diferentes instrumentos de medida.

3.4.4. Interpretação, representação e tratamento da informação

Dentro das linguagens utilizadas na comunicação não-verbal, no dia-a-dia, é mais frequente a aplicação de gráficos, esquemas, e outros recursos como meios de comunicação. Isto ocorre assim especialmente nas informações sobre fenómenos e dados científicos e técnicos. Neste bloco agrupam-se sistemas distintos de representação gráfica utilizados para a transmissão e o tratamento da informação científica e técnica. Os conteúdos do tipo teórico e lógico em que se fundamentam os ditos sistemas e que permitem fazer uma interpretação correta de fichas ditas informativas. Os conteúdos

deste bloco devem evitar pontos puramente teóricos e apresentarem-se sempre ligados ao tratamento da informação sobre fenómenos e situações concretas.

Conceitos:

Recursos gráficos para apresentar a informação científica

1. Gráfico, esquemas e símbolos.
2. Convenções da representação gráfica.

Informação fenómenos casuais

3. Fórmulas, gráficos que expressam a dependência ou não entre variáveis.
4. Funções lineares: noções em termos de proporcionalidade.

Procedimentos

Utilização de linguagem distinta

1. Representação gráfica de valores correspondentes à velocidade em função do tempo.
2. Obtenção de dados numéricos e qualitativos a partir de informações dadas em forma gráfica.
3. Leitura e interpretação de documentos técnicos simples compostos de informações de natureza distinta: textos, símbolos, esquemas, gráficos, etc.

Algoritmos e perícia

4. Diferenciação gráfica entre relações de proporcionalidade e não proporcionalidade.

Estratégias gerais

5. Planificação e realização individual e coletiva de dados.
6. Formulação de circunstâncias sobre a evolução de um fenómeno em função da sua representação gráfica.

Atitudes

Referentes à apreciação da linguagem gráfica

1. Reconhecimento e valorização da utilidade da linguagem gráfica para representar e estudar situações da vida quotidiana e problemas científicos.
2. Interesse pela incorporação de critérios.
3. Sentido crítico antes das informações que utilizam na linguagem gráfica referidas na realidade social, política e económica.

Referentes à organização e hábitos de trabalho

4. Reconhecimento e valorização do trabalho em equipa como a maneira mais eficaz para realizar determinadas atividades de estudo e de trabalho.
5. Gosto pela precisão, em ordem e limpeza na elaboração e apresentação de informações de conteúdo científico ou documentos técnicos.

3.4.5. Planificação e Realização de trabalhos

O processo de planificação e realização prática de um trabalho tem uma aplicação tanto no decorrer das atividades como em trabalhos de estudo ou de investigação. Por isso, este é um bloco de carácter instrumental cuja aplicação é praticamente necessária durante toda a programação. Dito de outro modo, a aplicação dos conteúdos deste bloco é imprescindível para alcançar alguns dos objetivos da área (uso da informação, aplicação de estratégias, resolução de problemas, etc.).

Ao longo deste bloco insiste-se na organização de trabalhos de grupo, o que implica naturalmente uma determinada metodologia a concretizar na programação da aula.

Conceitos

1. Processo de resolução de problemas.
2. Projetos de trabalho. Fases de desenvolvimento de um projeto de trabalho. Sequência de operações. Planificação de recursos.

Procedimentos

1. Análise em grupo de problemas de índole diversa, tanto científica como tecnológica para identificar as características dos problemas propostos e as condições que devem cumprir as suas soluções.
2. Localização e uso de diferentes fontes de informação que facilitem a resolução de um problema.
3. Resumo dos dados relevantes para um propósito dado, contido numa informação.
4. Realização de trabalhos em grupo segundo um plano pré-estabelecido.
5. Realização e apresentação de trabalhos escritos sobre o desenrolar dos resultados obtidos e a elaboração de um trabalho realizado em equipa.
6. Utilização de técnicas lógicas de resolução de problemas.

Atitudes

1. Atitude positiva e criativa antes dos problemas práticos e confiança na própria capacidade em resolvê-los.
2. Curiosidade e respeito pelas ideias e soluções apontadas por outra pessoas.

3. Atitude ordenada e metódica no trabalho, planificando com antecipação do desenrolar das tarefas e perseverando antes as dificuldades e obstáculos encontrados.
4. Exposição favorável para organizar e participar solidariamente em tarefas de equipa.

3.5. Conteúdos dos Instrumentos de Recolha de Dados

O propósito dos instrumentos elaborados foi dispor de um conjunto de situações (Vergnaud, 1998) escrito numa linguagem natural e de representações simbólicas da Física que dessem sentido à Mecânica Newtoniana. Deste modo, cada aluno através da sua interação com as situações e objetos manifesta, perante a sua linguagem escrita ou simbólica da Física, as propriedades, relações e transformações que dão forma aos invariantes operatórios que utilizam e representam para eles os significados que lhe atribuem.

Baseamos o conteúdo dos instrumentos de recolha de dados (Situações-problemáticas e Entrevista), na articulação da teoria dos campos conceptuais e os conceitos da mecânica newtoniana (ver p.100). A validação destes conteúdos realizou-se com base na análise dos conteúdos das situações e os princípios teóricos que lhes deram origem (Silveira 1981, 1993), e numa publicação da autora desta tese intitulada «Campos Conceptuales y Aprendizaje de la Física: Un Estudio con Alumnos de 14-15 Años» (Borges & Merino, 2007).

Definida a estratégia a seguir e caracterizado o objeto de estudo (Campo Conceptual da Mecânica Newtoniana), elaboraram-se, de forma a facilitar a interpretação dos resultados e dar cumprimentos aos objetivos delineados para esta Tese, as seguintes tabelas com os conteúdos das situações e representações simbólicas, para os vários estudos.

Na tabela 1 apresentam-se conteúdos, situações, representações, a ter em conta quando se analisarem as respostas dadas pelos alunos, por forma a podermos identificar e caracterizar as representações construídas pelos alunos.

Conteúdos das situações		Conteúdos das representações simbólicas e das ilustrações		
Conteúdos matemáticos	Conteúdos físicos	Expressões matemáticas, linguísticas e gráficas		Operações e propriedades
Escalar	Massa, tempo, intensidade da força	Número em \mathcal{R}	Representações numéricas \mathcal{R}	Soma, diferença, produto e divisão
Vetor	Força, velocidade, aceleração, peso	Direção, sentido e ponto de aplicação	Representação geométrica de vetor Representação analítica das componentes	Soma, diferença e produto escalar
Função	1ª Lei de Newton, 2ª Lei de Newton, 3ª Lei de Newton, Aceleração, Peso,	$\vec{F}_r = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{a} = \vec{0}$ $\vec{a} = \vec{0} \left\{ \begin{array}{l} \vec{v} = k \\ \vec{v} = \vec{0} \end{array} \right.$ $\vec{F}_r = m \times \vec{a}$ $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$ $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ $\vec{P} = m \times \vec{g}$	Gráfico Função	<ul style="list-style-type: none"> - Proporcionalidade direta: $y = mx$ - Proporcionalidade inversa: $y = \frac{k}{x}$ - Constante: $y = k$

Tabela 1 - Conteúdos das situações e representações simbólicas e ilustrações do ESTUDO 1 e 2

Conteúdos das situações		Conteúdos das representações simbólicas e das ilustrações		
Conteúdos matemáticos	Conteúdos físicos	Expressões matemáticas, linguísticas e gráficas		Operações e propriedades
Escalar	Massa, tempo, intensidade da força	Número em \mathcal{R}	Representações numéricas \mathcal{R}	Soma, diferença, produto e divisão
Vetor	Força, velocidade, aceleração, peso	Direção, sentido e ponto de aplicação	Representação geométrica de vetor Representação analítica das componentes	Soma, diferença e produto escalar
Função	1ª Lei de Newton, 2ª Lei de Newton, 3ª Lei de Newton, Aceleração, Peso, MRUA, MRU	$\vec{F}_r = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{a} = \vec{0}$ $\vec{a} = \vec{0} \left\{ \begin{array}{l} \vec{v} = k \\ \vec{v} = \vec{0} \end{array} \right.$ $\vec{F}_r = m \times \vec{a}$ $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$ $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ $\vec{P} = m \times \vec{g}$ $x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ $v(t) = v_0 + at$ $x(t) = x_0 + vt$ $v(t) = v_0$	Gráfico Função	<ul style="list-style-type: none"> - Proporcionalidade direta: $y = mx$ - Proporcionalidade inversa: $y = \frac{k}{x}$ - Constante: $y = k$ - Função quadrática: $y = x^2$ - Ponto de inflexão (c) $y''(c) = 0$

Tabela 2 - Conteúdos das situações, representações simbólicas e ilustrações do ESTUDO 3

3.6. Tratamento de Dados

Os dados recolhidos por cada um dos estudos foram analisados qualitativa e quantitativamente. Deste modo, para a realização da análise qualitativa, os dados recolhidos foram descodificados de um modo hierárquico construindo assim a sequência de raciocínio usada pelos alunos na interação destes com as situações - problemáticas.

As categorias da ordem de raciocínio são:

- Analisar a situação - problemática e associar as suas variáveis;
- Explorar o efeito entre variáveis; identificar propriedades físicas;
- Dominar constantes físicas;
- Relacionar as constantes físicas nas expressões;
- Identificar as forças nas situações problemáticas;
- Representar graficamente as forças;
- Reconhecer o contraste de modelos teóricos com situações problemáticas reais.

Por outro lado, a análise de alguns instrumentos passou ainda pelo desempenho dos alunos de acordo com os níveis de conceptualização de relacionamento entre conteúdos físicos e matemáticos e também dos conceitos e teoremas-em-ação, determinando-se graus de domínio do campo conceptual da Mecânica Newtoniana.

Estes níveis de conceptualização serão aplicados nos Estudos 1, 2 e 3 (TAC, Situações-Problemáticas e Entrevista, respetivamente), encontrando-se na tabela seguinte, divididos numa escala de cinco níveis, em função dos Invariantes Operatórios identificados em cada momento da investigação, ou seja, dos conceitos-em-ação (CEA) e teoremas-em-ação (TEA), ativados pelos alunos da amostra.

Níveis de conceptualização de relacionamento entre conteúdos físicos e matemáticos do MOMENTO 2		Níveis de conceptualização de relacionamento entre Teoremas e Conceitos – em – ação do MOMENTO 3
N0	<p>Ausência de relacionamento entre conteúdos matemáticos e físicos adequados à compreensão dos conceitos. O sujeito expressa ou escreve respostas irrelevantes, e não relaciona conteúdos matemáticos com conteúdos físicos nas suas explicações. Aqui incluímos a ausência de resposta.</p>	<p>Ausência de invariantes operatórios adequados à compreensão dos conceitos. O sujeito expressa ou escreve respostas irrelevantes, e não ativa CEA nem TEA nas suas explicações. Aqui incluímos a ausência de resposta.</p>
N1	<p>Reconhecimento de conteúdos matemáticos e físicos sem explicação de significados cientificamente aceitáveis de conceitos. Neste nível, o aluno ainda não manifesta relacionamento entre conteúdos matemáticos e físicos. É notória a ausência do uso de conteúdos das representações simbólicas que reflete uma compreensão de significados cientificamente inaceitáveis de conceitos.</p>	<p>Reconhecimento de CEA e TEA sem explicação de significados cientificamente aceitáveis de conceitos. Neste nível, o aluno ainda não manifesta uma conceptualização dos conceitos. É notória a ausência do uso de operações e representações simbólicas que reflete uma compreensão de significados cientificamente inaceitáveis de conceitos.</p>
N2	<p>Reconhecimento de conteúdos matemáticos e físicos e explicação parcial de significados cientificamente aceitáveis de conceitos. Usa de forma limitada alguns conteúdos das representações simbólicas e não as relaciona com os conceitos. Não podemos inferir que o aluno a este nível relacione os conteúdos matemáticos com os conteúdos físicos na resolução de situações físicas.</p>	<p>Reconhecimento de CEA e TEA e explicação parcial de significados cientificamente aceitáveis de conceitos. O sujeito só reconhece e classifica as grandezas físicas envolvidas na situação - problemática. Usa de forma limitada algumas operações e representações simbólicas e não as relaciona com os conceitos. Não podemos inferir que o aluno a este nível aplica conhecimento-em-ação dos conceitos.</p>
N3	<p>Transição entre o reconhecimento de conteúdos matemáticos e físicos e significação parcial de conceitos cientificamente aceitáveis com aplicação dos mesmos a situações - problemáticas. O aluno reconhece situações problemáticas e relaciona os conteúdos matemáticos com os conteúdos físicos aplicando-os aos conceitos. Nas suas explicações revela organização nos conceitos das representações simbólicas, mas ainda não consegue liga-las completamente.</p>	<p>Transição entre o reconhecimento de CEA e TEA e significação parcial de conceitos e a aplicação dos mesmos a situações - problemáticas. O aluno reconhece situações problemáticas e classifica grandezas físicas, aplicando-as aos conceitos. Nas suas explicações revela organização e compreensão dos significados dos conceitos, operações e representações simbólicas, mas ainda não consegue liga-as completamente. Aplica os conceitos e os teoremas.</p>
N4	<p>Reconhecimento de conteúdos matemáticos e físicos/CEA e TEA e explicação de significados cientificamente aceitáveis de conceitos com a aplicação dos mesmos a situações - problemáticas. O aluno manifesta compreensão e explicação dos conceitos, relacionando plenamente os conteúdos matemáticos com os conteúdos físicos. A este nível o aluno demonstra também um uso apropriado dos conceitos das representações simbólicas envolvidas nas situações - problemáticas.</p>	<p>Reconhecimento de CEA e TEA e explicação de significados cientificamente aceitáveis de conceitos com a aplicação dos mesmos a situações - problemáticas. O aluno manifesta compreensão e explicação dos significados dos conceitos, mostrando também um uso apropriado de operações, representações simbólicas e propriedades das grandezas físicas envolvidas nas situações - problemáticas. Aplica plenamente os conceitos e os teoremas.</p>

Tabela 3 - Níveis de conceptualização dos MOMENTOS 1, 2 e 3 (Situações-Problema e Entrevista)

Tendo em conta a natureza específica do Momento 3 (Entrevista) foi ainda feito um estudo dos obstáculos com que os alunos se foram deparando ao longo da investigação, sendo estes classificados como obstáculos derivados do meio escolar, obstáculos derivados do modo espontâneo de pensar e obstáculos do modo de pensar e das regras heurísticas do senso comum (Merino, J.M. (2007). Faremos, a seguir um esboço das principais condicionantes à aprendizagem das Ciências da Natureza, considerando as suas origens/proveniência.

3.6.1. Obstáculos Derivados do Meio Escolar

O desenvolvimento do currículo proporciona os elementos e meios para a aprendizagem, mas também proporciona os modelos mentais que o aluno adotará para a apreensão dos conteúdos. Aqui estão alguns dos delineamentos que condicionam fortemente a forma de pensar dos alunos.

3.6.1.1. Conteúdos vs Metodologia

Os programas curriculares tenderam a enfatizar, tanto a aprendizagem dos conteúdos (modelo de transmissão-receção) como a metodologia (modelo de «descoberta»). Ambas tendências foram amplamente criticadas (Gil, 1993) e atualmente assume-se que o ensino e a aprendizagem das Ciências são processos o mais concordante possível com a metodologia científica. Não há dúvida de que tanto um ensino distintamente exaltado pelos conteúdos com grave desprezo pela metodologia, como um ensino que prime a metodologia descuidando de forma importante os conteúdos, constituem sérios obstáculos ao acesso ao conhecimento científico. O ensino orientado para a investigação pretende privilegiar o “saber ciência”, o “saber fazer” e o “saber sobre a sua natureza”.

3.6.2. Reduccionismo explicativo

O reduccionismo explicativo consiste na tentativa de basear o ensino da ciência na observação do quotidiano e as explicações no óbvio e no senso comum. Isto supõe prescindir do ensino das teorias científicas como uma construção sistemática de uma comunidade de especialistas. Desvirtua-se assim, tanto a natureza do processo científico como o seu produto.

Apresentar os conceitos científicos através da observação do quotidiano, como questões óbvias às quais se acede através do senso comum, é uma prática bastante utilizada em níveis inferiores do ensino e que ali pode ser adequada. Agora enfatizar esta análise em níveis superiores é um erro crasso, que orienta para uma visão pobre e falsa sobre a ciência.

3.6.3. Reduccionismo mecanicista

Trata-se da aplicação totalmente acrítica dos métodos de obtenção e processamento de dados como se estes tivessem validade universal, sem a análise do campo prático ao qual se vão aplicar. Um exemplo seria o uso indiscriminado da teoria Gaussiana para processar erros experimentais sem realizar nenhum controlo sobre a aleatoriedade dos dados com que se está a trabalhar.

Resumindo, o Ensino das Ciências não deve cair nesta dicotomia: métodos vazios de conteúdos que se convertem em automatismos acríticos e acientíficos. Isto é, são conteúdos sem metodologia que os sustente, que se convertem em fórmulas ou verbalizações carentes de significados claros e precisos.

3.6.4. Obstáculos Intelectuais

Frequentemente, a classe docente padece da presença de erros epistemológicos, que se manifestam através das suas intervenções na aula e dos livros e textos que proporcionam aos seus alunos. Estes erros são transmitidos à mente do aluno, convertendo-se em obstáculos intelectuais. Aqui estão alguns deles:

3.6.4.1. *Visão linear sequencial da investigação científica*

Tradicionalmente, a História da Ciência tem feito contribuições positivas à Didática da mesma. Agora, uma má interpretação pode propiciar uma visão linear, sequencial do processo de criação científica, concebido como um conjunto de etapas pré-determinadas, separadas e sem retroalimentação.

Um exemplo é o caso das teorias da estrutura atómica. Muito frequentemente acontece que em etapas inferiores do ensino apresenta-se um modelo atómico corpuscular no qual os eletrões giram em torno do núcleo, baseado na teoria de Rutherford. Mais adiante, em estádios intermédios apresenta-se um modelo corpuscular

mais complexo, baseado nas teorias de Bhor e Sommerfeld para, finalmente, apresentar em níveis superiores um modelo de nuvem de carga, baseado na teoria quântica. Outras vezes, estas três visões do átomo apresentam-se sequencialmente num mesmo nível, a modo de uma evolução histórica de um conceito importante, como é o do átomo. Em ambos casos corre-se o risco de fornecer uma visão linear sequencial, equivocada, da investigação científica.

3.6.4.2. Conceção distorcida da experimentação científica

Outro perigo consiste em inculcar nos alunos a ideia de que a experiência é a única e exclusiva pedra de toque que contrasta com a veracidade dos modelos teóricos. Esta tendência apresenta-se com especial força em dois modelos da ciência: o empírico - dedutivo¹¹ e o falsacionista extremo¹².

Certamente, quando a experimentação garante, com os seus resultados, uma hipótese, esta será reforçada. Pode suceder que os resultados experimentais não se identifiquem com as previsões teóricas. Às vezes, isto acontece ou porque a experiência foi incorreta ou estava mal planeada ou então porque nas experiências intervinham fatores inesperados. Assim, por exemplo, se um estudante experimenta queda - livre, comprovará que os seus resultados não se identificam com as previsões derivadas da lei cinemática, não porque esta seja incorreta mas sim porque, seguramente, não teve em conta o efeito dos atritos/fricção.

3.6.4.3. Dogmatismo

Refere-se às escassas menções que, no meio escolar se fazem, às situações problemáticas que desencadeiam um processo de investigação. Assim, a investigação científica, as leis e as teorias apresentam-se como emanações espontâneas de mentes geniais, carentes de uma observação inicial e problemática ou emanadas de uma hipótese inicial sem objetivos e sem referentes fácticos.

É frequente, por exemplo, apresentar a Lei da Gravitação Universal como uma criação genial e descontextualizada de Newton¹³, ao invés de apresentar esta lei como o

¹¹ Este modelo propõe que «não há mais conhecimento do que aquele que deriva da observação».

¹² Segundo o qual «toda a proposta teórica que contradiga a evidência experimental, deve ser rejeitada».

¹³ Inclusive podemos ilustrar esta atuação com a anedota da maçã.

resultado de um longo e complexo processo que tem como ideias-chave as ideias de Copérnico, as investigações de TichoBrahe e as leis de Kepler.

3.6.4.4. Banalização do trabalho científico

Existe no meio escolar um alto grau de incapacidade para identificar aspetos que diferenciam significativamente o trabalho científico da forma como se pensa e se atua na vida quotidiana perante fenómenos naturais.

A melhor forma de evitar esta banalização é empregar uma metodologia de ensino conjuntamente com a metodologia científica. Desta maneira, fomenta-se que o aluno construa o seu próprio conhecimento através de um processo semelhante à construção do edifício científico e para além disso, este adquirirá uma visão correta da ciência e de como esta se constrói.

3.6.5. Obstáculos dos Modos de Pensar e das Regras Heurísticas do Senso Comum

Em grande medida, os problemas de aprendizagem das ciências derivam dos modos espontâneos de pensar, adquiridos nos meios alheios ao escolar, que se afastam das metodologias, atitudes e critérios epistemológicos próprios das ciências.

Algumas das categorias de raciocínios são descritas nos pontos a seguir:

3.6.5.1. Raciocínio Mono conceptual

Os estudantes supõem à priori e sem controlo, que a resposta a um problema depende sempre de uma só variável. Este raciocínio conduz sempre a dificuldades na resolução de problemas experimentais como: discriminação de variáveis relevantes e avaliação da interação entre variáveis.

Aqui estão alguns exemplos: os estudantes tendem a pensar que a energia potencial de um corpo depende da sua altura relativamente ao solo, ignorando a massa e o valor da aceleração da gravidade. Igualmente tendem a pensar que o processo de fossilização de um cadáver depende do tempo, ignorando as condições físicas - químicas.

3.6.5.2. *Raciocínio sequencial linear*

A tendência para a redução funcional, ignorando os aspetos sistemáticos de um problema, gera nos estudantes raciocínios *causais - lineares* nos quais cada modificação de uma quantidade conduz à de outra quantidade, a qual por sua vez, implica uma terceira... e assim sucessivamente. Como resultado, fenómenos complexos são analisados como resultado de outros mais simples. Estes fenómenos simples são considerados um depois do outro, numa cadeia linear que possui um duplo *status*: implicativo e cronológico.

Esta forma de pensamento gera dificuldades na hora de, por exemplo, compreender a natureza e estrutura das redes tróficas, os grandes ciclos naturais, incluindo a evolução do pensamento científico.

3.6.5.3. *Raciocínio irreversível*

Uma consequência desta maneira reducionista e direcional de pensar é a grande dificuldade que os estudantes manifestam para raciocinar holisticamente centrando a sua análise em mudanças locais ou em deduções diretas e em aspetos puramente algorítmicos. A tendência natural dos estudantes é solicitar com insistência uma orientação de como devem pensar e agir. A criatividade e a invenção são atividades intelectuais que requerem adestramento e disposição.

3.6.5.4. *Raciocínio inconsistente*

As ideias alternativas refletem, frequentemente, noções relativamente não diferenciadas e fortemente dependentes do contexto. A eletricidade, por exemplo, é um conceito não muito bem definido, que incorpora outras noções como *potência, potencial, energia, corrente, etc.*, de um modo confuso e indiscriminado. Este carácter impreciso leva a que os estudantes, durante a resolução de uma dada situação problemática, manuseiem dois ou mais significados diferentes para um mesmo conceito, sem estarem conscientes disso.

3.6.5.5. *Raciocínio reducionista*

Os estudantes focam mais as propriedades que as funções dos elementos em jogo na situação problemática sejam estes conceptuais ou factuais. Assim, por exemplo, na hora de pensar no carácter ácido - base, os estudantes fixam-se mais nas propriedades externas e palpáveis (coloração com os indicadores, reação com o carbonato de cálcio ou com os metais, cor, textura, etc.) do que na presença de iões OH^- e H_3O^+ . Pela mesma razão, um aluno pode qualificar um percebe como sendo um molusco e não um crustáceo, ao fixar-se numa propriedade, como o é o pedúnculo carnoso.

3.6.5.6. *Raciocínio ad-hoc*

Os estudantes elaboram uma explicação para cada caso. A procura de generalidade e sistematicamente (próprias de uma abordagem com pretensões científicas) não é especialmente aceite pelos estudantes.

Este tipo de pensamento entende-se com nitidez, na avidez dos estudantes em colecionar problemas resolvidos, quantos mais e variados, melhor. Em geral, preferem conhecer as soluções da mais variada gama de problemas possível, ao invés de centrar a sua atenção nos aspetos gerais e sistemáticos da resolução de problemas.

3.6.5.7. *Raciocínio puramente algorítmico*

Os estudantes aplicam os formalismos matemáticos e outros símbolos desprovido-os de significado físico. Esta forma de pensamento alarga-se quando um estudante memoriza fórmulas físicas ou químicas sem compreender o significado dos seus termos nem os conceitos envolvidos, nem o âmbito da aplicação da fórmula.

Com frequência, perante um problema, muitos alunos tentam aplicar a fórmula que eles acreditam que os levará ao resultado correto, de forma acrítica e descontextualizada. Por outro lado, a metodologia intuitiva dos alunos segue uma série de regras de carácter heurístico que ajudam os indivíduos na resolução de problemas quotidianos.

Por exemplo os estudantes apresentam uma tendência para *explicar as mudanças e não os estados*, em concordância com uma tendência habitual do conhecimento quotidiano. Este comportamento implica uma importante limitação para a compreensão de conceitos fundamentais como o são: o equilíbrio e a conservação, nos quais a análise dos estados é extremamente importante. Por igual motivo, os alunos tem dificuldades

em distinguir entre variável, constante e parâmetro, tão frequentes nas ciências físico – químicas.

A *conceção através da percepção*, na vida quotidiana, os juízos tendem a focalizar-se nos elementos perceptíveis de uma situação material, não admitindo a existência real dos elementos não observáveis. Uma grande maioria das concepções alternativas em ótica, tem a sua razão de ser, já que os alunos tendem a identificar a física da luz com os fenómenos de percepção visual. Esta forma de pensamento supõe um forte obstáculo para a aprendizagem da Química, uma vez que as causas dos fenómenos químicos derivam da estrutura sub-microscópica da matéria e, dado que esta é inacessível aos sentidos, os alunos tendem a memorizar os aspetos perceptíveis desses fenómenos (mudança de cor, de estado, forma dos cristais, desprendimento do gás, etc.) e não a compreender as causas dos mesmos.

O *pensamento antropocêntrico*, em geral, os indivíduos assimilam as experiências mundanas a esquemas derivados do seu próprio mundo e vivências, vendo tudo relacionado com eles mesmos. Este egocentrismo natural é o que dificulta a objetividade dos raciocínios, pelas dificuldades que gera no aluno em este tentar sair de si mesmo e construir uma representação mais objetiva da realidade. A pré-vivência da teoria geocêntrica de Ptolomeu durante catorze séculos é o melhor exemplo do influxo negativo desta forma de pensar, relativamente ao conhecimento científico. Esta forma de pensamento supõe um forte obstáculo para compreender todos aqueles conceitos (espaço, tempo, velocidade, energia, massa, partícula, onda, etc.) cuja concepção clássica deriva das nossas percepções sensoriais, e cuja concepção correta (relativista ou quântica) escapa ao âmbito dos nossos sentidos.

O *uso frequente do recurso de acessibilidade*, os alunos tendem a atribuir a um dado efeito, a causa que é mais acessível à memória, ou seja, a que se recupera mais facilmente, seja porque é uma informação mais recente (o efeito de *recente* na recuperação da informação da memória) ou porque deu resultados positivos com mais frequência (efeito de *recuência*). Em ambos os casos, a recuperação de informação depende da forma como esta é recebida e processada. Um exemplo claro disto é a tendência dos alunos em resolver os problemas de Mecânica através da cinemática, ignorando quase sempre, o princípio da Conservação da Energia. Isto deve-se ao facto de se por mais ênfase no primeiro do que no segundo, de maneira que para o aluno se torna mais fácil «sacar» da sua memória, os conceitos cinemáticos do que os

energéticos. Por igual motivo, os estudantes do ensino secundário tendem mais depressa a resolver os problemas de forma aritmética do que mediante a aplicação de outros recursos matemáticos (álgebra, geometria, trigonometria, etc.), devendo-se isto ao facto de na sua memória, o primeiro ter apresentado mais êxito que o segundo.

3.7. Síntese dos momentos da investigação

Decidimos elaborar um quadro-síntese que resumisse o que foi anteriormente descrito com a identificação e descrição dos instrumentos, a intenção da recolha de dados e resultados esperados.

Momentos da Investigação	Instrumentos e Metodologia	Intenção e Recolha de Dados	Resultados obtidos
Momento 1	Teste Associação de Conhecimentos. 8 questões de escolha múltipla situações e problemas. Duração de 90 minutos	Obter dados em linguagem escrita e das representações simbólicas da Física e da matemática. Disponer uma base de dados para analisar e caracterizar níveis de conceptualização do campo conceptual.	Caracterização do conhecimento prévio do campo conceptual da Mecânica Newtoniana.
Momento 2	Ficha de atividades em torno de três situações problemáticas. 12 grupos de 3 alunos. Cada grupo expõe as suas respostas, com tempo definido. Ficha de atividades em torno de 6 problemas. 4 grupos de 4 alunos. Cada grupo expõe as suas respostas, com tempo definido. Realização das atividades	Obter dados que permitam obter uma ordem de raciocínio e determinar os obstáculos que os alunos se deparam. Analisar e caracterizar os níveis de conceptualização atingidos pelos alunos.	Explorar e caracterizar os conhecimentos adquiridos do campo conceptual da Mecânica Newtoniana.
Momento 3	Entrevista Conjunto de situações e problemas		

Tabela 4 - Descrição dos momentos, instrumentos, recolha de dados e resultados obtidos no estudo

Com base no quadro relembramos que o procedimento do trabalho será colocar os alunos perante situações- problemáticas relativas a um grande tópico do currículo de Física, como são os princípios de Newton. O objetivo prático da nossa busca é conseguir que os alunos, perante tais situações problemáticas, explicitem os conhecimentos teóricos, metaconhecimentos, habilidades intelectuais e formas de pensamento espontâneo, que empregam nas suas indagações e conjeturas (figura A, p. 23).

Foram propostas situações problemáticas, tanto teóricas como experimentais, umas abertas e outras estruturadas, em forma de questionário. Como consequência, foram elaborados guias de atividades sobre problemas relativos à aplicação dos princípios de Newton a casos reais.

Posteriormente serão analisados esses dados e tentar-se-ão definir e caracterizar os invariantes operatórios manejados pelos alunos que podem ser obstáculos á aprendizagem. Ao identificarmos os obstáculos presentes conseguiremos elaborar uma estratégia de ensino que ajude superar esses obstáculos e permita ao aluno desenvolver os esquemas mentais e o seu conteúdo cognitivo, de forma a aprender melhor os conceitos.

3.8. Limitações do estudo

Acreditamos que à semelhança do que acontece nos vários trabalhos de investigação, também este apresenta algumas limitações de natureza variada, relacionadas com a própria amostra, com a recolha de dados e com o tipo de tratamento e análise de dados efetuados. Consideram-se, então, os seguintes aspetos como limitações principais desta investigação:

- a. Disponibilidade/Recetividade – Neste estudo dependemos da recetividade e da disponibilidade dos alunos e dos Encarregados de Educação para colaborarem na investigação, assim como, autorizarem as gravações-áudio. Estes fatores levaram ao condicionamento dos critérios de seleção da amostra, o que significa que, embora tenhamos procurado trabalhar com um número suficientemente elevado de elementos, de forma a reduzir as probabilidades da amostra apresentar características diferentes da população de onde foi retirada, não há,

contudo, garantias de representatividade, relativamente ao grupo a que pertencem;

- b. Interpretação - O facto de as técnicas de recolha de dados serem a análise de documentos (Teste de Associação de Conhecimentos) e o inquérito por entrevista (não obstante a utilização de um protocolo semiestruturado), faz com que seja difícil anular, quer a interferência da investigadora na recolha de dados, quer alguma subjetividade (associada à interpretação) na análise de conteúdo das entrevistas;
- c. Limitações Temporais- O facto do programa da disciplina ter de ser cumprido num relativo curto espaço de tempo, criou limitações temporais que impediram a realização de novos ciclos de intervenção. Esperamos, assim, que futuramente este trabalho sirva de referência para outros ciclos de ação, na perspetiva de melhorar a qualidade da aprendizagem e eficiência do ensino da Física junto de alunos do nível secundário.

CAPÍTULO IV - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4 - Introdução

A finalidade deste capítulo é apresentar e analisar os resultados obtidos nas diferentes fases desta investigação. A organização baseou-se, fundamentalmente, nos objetivos que se pretendiam atingir, incluindo a apresentação e discussão dos resultados obtidos nas três fases do estudo.

Para além de um subcapítulo introdutório (4), cujo objetivo é apresentar o capítulo, este inclui ainda: um subcapítulo dedicado à apresentação e análise dos resultados provenientes da fase do estudo realizada a partir da aplicação do estudo 1 (4.1); um subcapítulo (4.2) destinado à apresentação e discussão dos resultados obtidos com a aplicação do estudo 2; um subcapítulo (4.3) onde se apresentam os resultados obtidos no estudo 3, bem como a respetiva discussão; por fim apresentam-se o subcapítulo (4.4) onde se encontram as considerações finais sobre os principais resultados obtidos nos três estudos e o (4.5) onde estão as sugestões para futuras investigações.

4.1. Momento 1 – Teste de Associação de Conhecimentos (TAC)

Com a aplicação deste primeiro instrumento pretendíamos, em primeiro lugar, identificar as ideias prévias dos alunos sobre o campo conceptual em causa. Para tal elaborámos uma tabela que traduz as taxonomias dos conceitos abordados e das conceções alternativas testadas no Teste de Associação de Conhecimentos. Esta tabela foi baseada na análise do MBT-*Mechanics Baseline Test* (Hestenes D., Wells M., 1992, 159-166). Este instrumento foi composto por 26 questões que foram baseadas em entrevistas com os alunos sobre as suas conceções errôneas sobre temas básicos em mecânica newtoniana. Assim, foi por nós adaptado ao tema tratado nesta investigação, como apresentamos a seguir:

Leis de Newton/Conceitos	Questão
1. Primeira lei de Newton	
<i>Sem força</i>	
<i>Direção da velocidade constante</i>	(2.1), (2.2), (3), (4.2.1), (4.3.1)
<i>Velocidade constante com forças nulas</i>	(2.1) (1)
2. Segunda lei de Newton	
<i>Força impulsiva</i>	(2.1), (4.1.1), (4.1.2), (4.2.2), (4.3.2), (6), (7.1), (7.2), (7.3)
<i>Força constante implica aceleração constante</i>	(2.2), (3), (4.2.1), (4.3.1), (5.1), (8.1), (8.2), (8.3), (8.4), (8.5)
3. Terceira lei de Newton	
<i>Para forças impulsivas</i>	(2.1), (2.2), (6)
<i>Para forças contínuas</i>	(1), (3), (7.1), (7.2), (7.3), (8.1), (8.2), (8.3), (8.4), (8.5)
4. Forças específicas	
<i>Trajectoria parabólica</i>	(5.1), (5.2), (5.3), (6)
<i>Queda livre gravitacional</i>	(2.1), (2.2)
<i>Atrito</i>	(7.1), (7.2), (7.3), (9)
<i>Aceleração independente da massa</i>	(4.1.3), (4.2.3), (4.3.3)

Tabela 5 - Taxonomia dos conceitos newtonianos do Teste De Associação de Conhecimentos

Cada conceito que pretendemos testar é explorado na questão indicada. Os números entre parêntesis indicam os conceitos que foram explorados em cada questão, apresentada no nosso TAC.

4.1.1. Resultados do Teste de Associação de Conhecimentos

É fundamental e imprescindível elaborar uma análise mais pormenorizada do seio de cada questão para verificar onde se fazem sentir as dificuldades dos alunos e, por conseguinte, identificar os conhecimentos prévios acerca do campo conceptual da Mecânica Newtoniana.

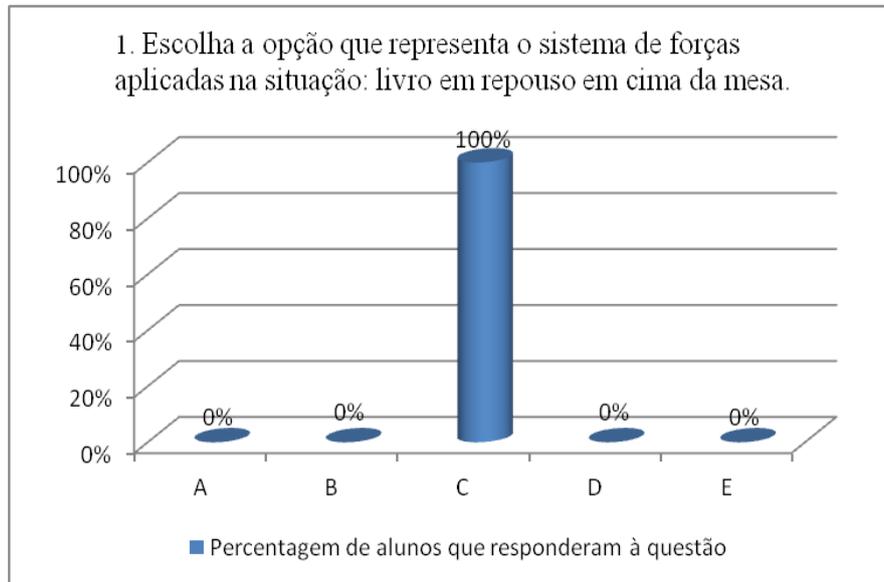


Gráfico I - Resultados da questão 1

Dos alunos que responderam à questão 1 – “Escolha a opção que representa o sistema de forças aplicadas na situação: *livro em repouso em cima da mesa*”, concluímos que 100% dos alunos responderam que existem duas forças aplicada no livro, que é a força gravítica e a reação normal. De acordo com a situação física apresentada a maioria dos alunos inferiram de acordo com a perceção de que o corpo tem um peso, ou seja, que a Terra os atrai. Se ele está em repouso é porque a soma de todas as forças sendo nula, mantém o corpo em repouso.

No que diz respeito à segunda questão (com duas alíneas), era-lhes apresentado a descida de um paraquedista, em dois momentos: uma com o paraquedas fechado e aberto, respetivamente. Pediu-se aos alunos para escolherem a opção que representava as forças em cada imagem. Nesta questão era abordada a conceção alternativa que se traduz no facto de que a *velocidade é proporcional à força aplicada*. Em relação ao gráfico, podemos verificar que mais de metade da turma conseguiu representar corretamente as forças, na alínea 2.1.

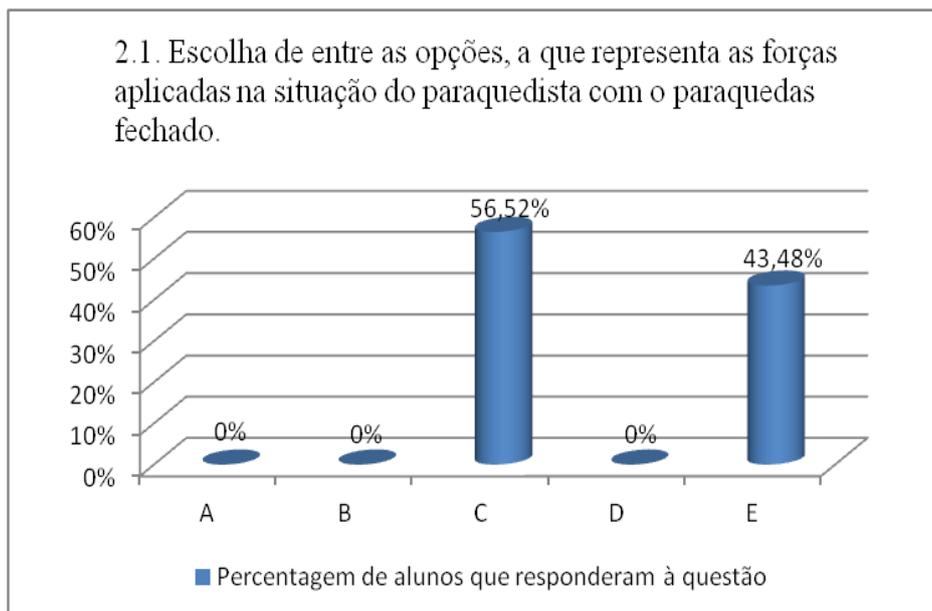


Gráfico II - Resultados da questão 2.1

No que concerne à questão 2.1. - Descida de um paraquedista com o paraquedas fechado, 56,5 % dos alunos responderam que há uma força aplicada no paraquedista com a mesma direção do movimento. É de salientar que 43,5 % dos alunos responderam que há duas forças aplicadas no paraquedista com a mesma direção, diferente intensidade e sentidos contrários.

Quando o paraquedas se encontra fechado os alunos consideram que o paraquedista está sujeito, inicialmente à força gravitacional que a terra exerce sobre ele, movendo-se em queda livre e adquirindo um movimento acelerado.

Na alínea 2.2, que correspondia à imagem do paraquedas aberto, mais de metade da turma conseguiu representar bem as forças, como podemos verificar no gráfico III.

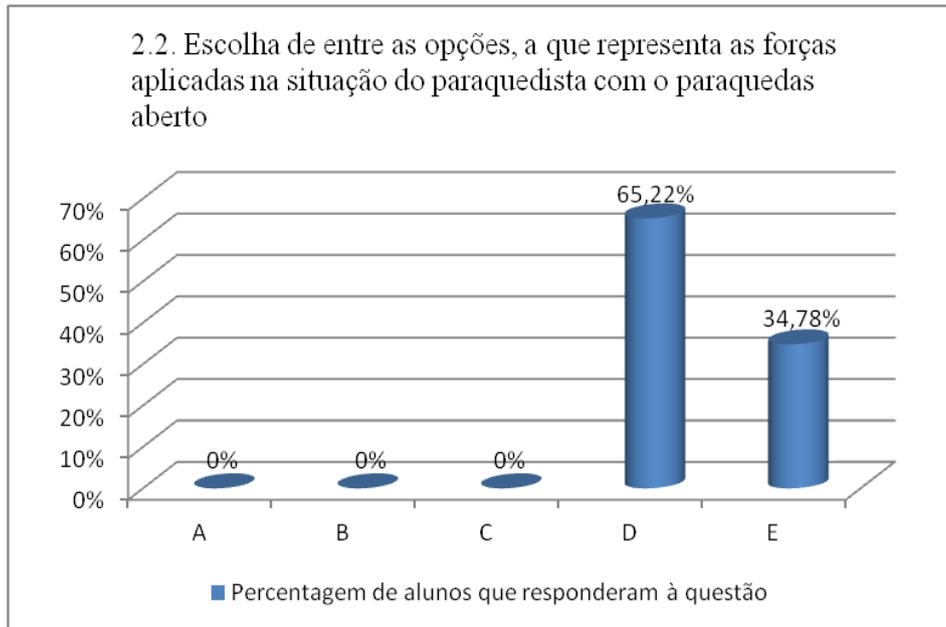


Gráfico III- Resultados da questão 2.2

Em relação à questão 2.2. - Descida de um paraquedista com o paraquedas aberto, 65,2 % dos alunos responderam que apenas há aplicação de uma força com direção vertical e sentido de baixo para cima, ou seja, a força da resistência do ar. Ainda nesta questão, uma grande percentagem de alunos (34,8 %) respondeu que há duas forças aplicadas no paraquedista com a mesma direção, diferente intensidade e sentidos contrários. Quando o paraquedas se abre, o valor da velocidade com que se move o paraquedista decresce acentuadamente. Isto porque, quando o paraquedas se abre, a resistência do ar exerce-se em toda a sua superfície interior. A resultante das forças que atua no sistema é diferente de zero.

Remetendo-nos à análise da questão 3, verificámos que grande parte dos alunos não possui a conceção alternativa abordada. Neste caso, a conceção alternativa testada é idêntica à da questão anterior, isto é, a velocidade da força exercida aumenta no decorrer dum movimento vertical. A alínea de resposta que suporta a maior simetria corresponde à que era por nós esperada.

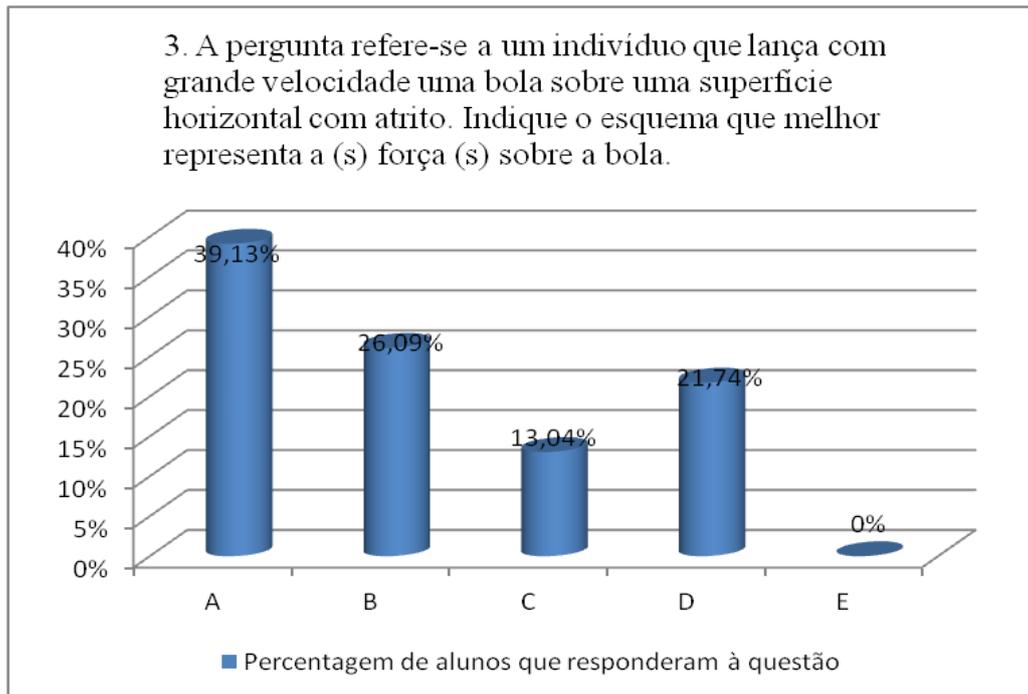


Gráfico IV- Resultados da questão 3

Na questão 3, 39,13% dos alunos responderam a alínea a), ou seja, detetaram a existência de uma força contrária ao movimento da bola, força de atrito, no entanto, também verificaram a existência de uma força com a mesma direção e sentido do movimento da bola no plano horizontal.

Durante o movimento da bola não existe nenhuma força externa a atuar, apenas atrito. Por isso é que a bola para e como não há mudança nas características ao longo de todo o percurso. O atrito existe como uma consequência do movimento.

Na questão 4, era testada a conceção alternativa que se refere ao facto das *forças descreverem o movimento*. Observando o gráfico seguinte, podemos verificar que apenas 43,48% dos alunos conseguiram responder bem à questão (alínea 4.1.1.). Contudo, os restantes alunos repartiram as suas respostas pelas outras opções, mas a maior parte das respostas comprova a conceção testada, ou seja, responderam a opção prevista.

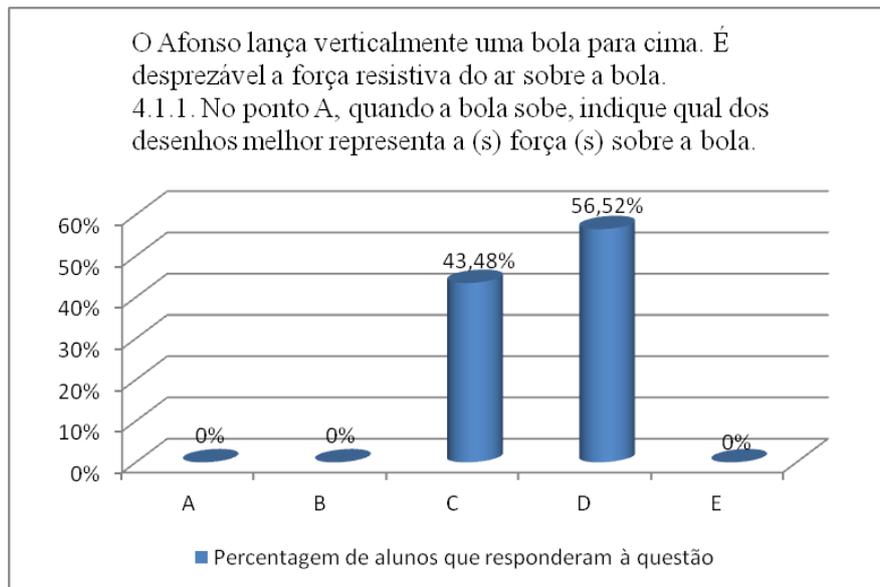


Gráfico V- Resultados da questão 4.1.1

Em relação à questão 4.1.1, 56,5 % dos alunos responderam que no ponto A – movimento ascendente da bola - há duas forças com a mesma direção, intensidades diferentes e sentidos contrários aplicados na bola. De realçar que apenas 43,5 % dos alunos responderam corretamente, ou seja, apenas temos a força gravítica, pois a força resistiva do ar é desprezável. Atendendo que alegam que existe uma força, força impulsiva, que a faz subir, para subir consideram que o módulo da velocidade aumenta.

Na alínea 4.1.2, era-lhes pedido que escolhessem a opção correta sobre a velocidade da bola (conceção alternativa força impulsiva), em determinado ponto da sua trajetória. As respostas foram repartidas pelas três opções e a maioria dos alunos (86,96%) acertou na resposta.

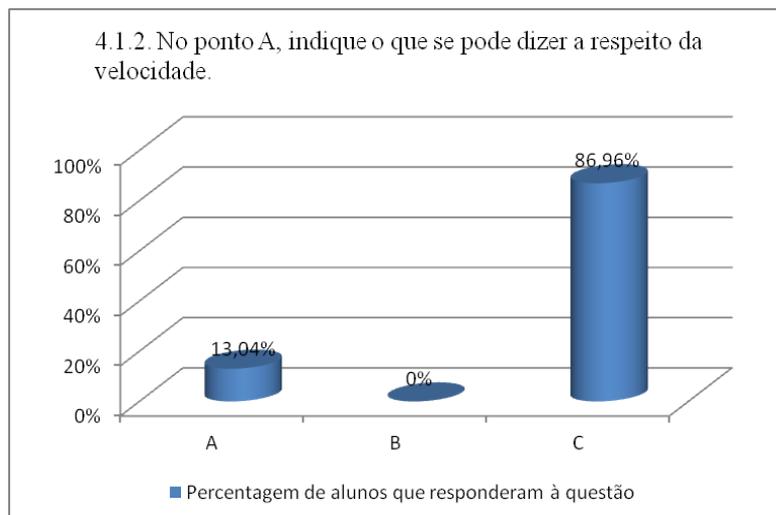


Gráfico VI- Resultados da questão 4.1.2.

No que concerne à questão 4.1.2, 86,9 % dos alunos responderam que, durante a subida da bola, o módulo da velocidade diminui. Apenas 13,1 % dos alunos responderam erradamente.

O senso comum associa o facto de darmos um impulso com o facto de a bola aumentar a sua velocidade.

Se a bola aumentasse de velocidade nunca mais a víamos e não caía. Temos que lhe dar um impulso para obrigar a bola a subir, pois sobre ela está a atuar uma força de cima para baixo, logo a tendência natural da bola será cair e não subir.

Daí o impulso que nós temos de fazer para transferir a energia, mas depois esse impulso deixa de existir e passa apenas a atuar o peso, logo a velocidade da bola irá diminuído na subida. Ao atingir a altura máxima a velocidade anula-se.

De seguida, na questão 4.1.3, solicitava-se que escolhessem a opção correta acerca da aceleração, para o mesmo ponto na trajetória da bola. Aqui 73,91% dos alunos acertaram na resposta, sendo que 26,09% dos alunos erraram.

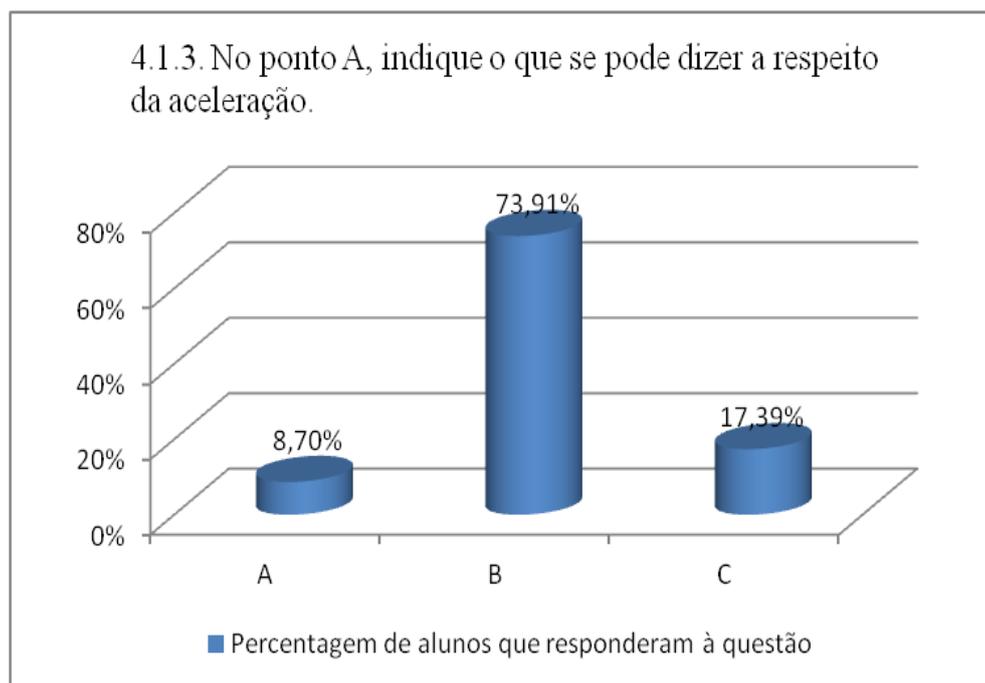


Gráfico VII- Resultados da questão 4.1.3.

Em relação à questão 4.1.3, 73,9 % dos alunos responderam que o módulo da aceleração se mantém durante a subida da bola. Apenas 26,1 % dos alunos responderam erradamente, pois, durante a subida da bola, o módulo da aceleração vai diminuindo, tal

como o módulo da velocidade, até que atinge o valor zero. Como o corpo está a subir eles consideram que o módulo aumenta, visto estar a ocupar posições sucessivamente mais altos.

Analisando o gráfico relativo à questão 4.2.1., podemos constatar que apenas 39,13% dos alunos responderam corretamente à questão, não possuindo a conceção alternativa em causa. Neste caso, era testada a conceção que se refere ao facto de que quando *um corpo ocupa um lugar específico não possui forças, está em repouso*. Para comprovar isso mesmo, a maior parte dos alunos respondeu à opção provável.

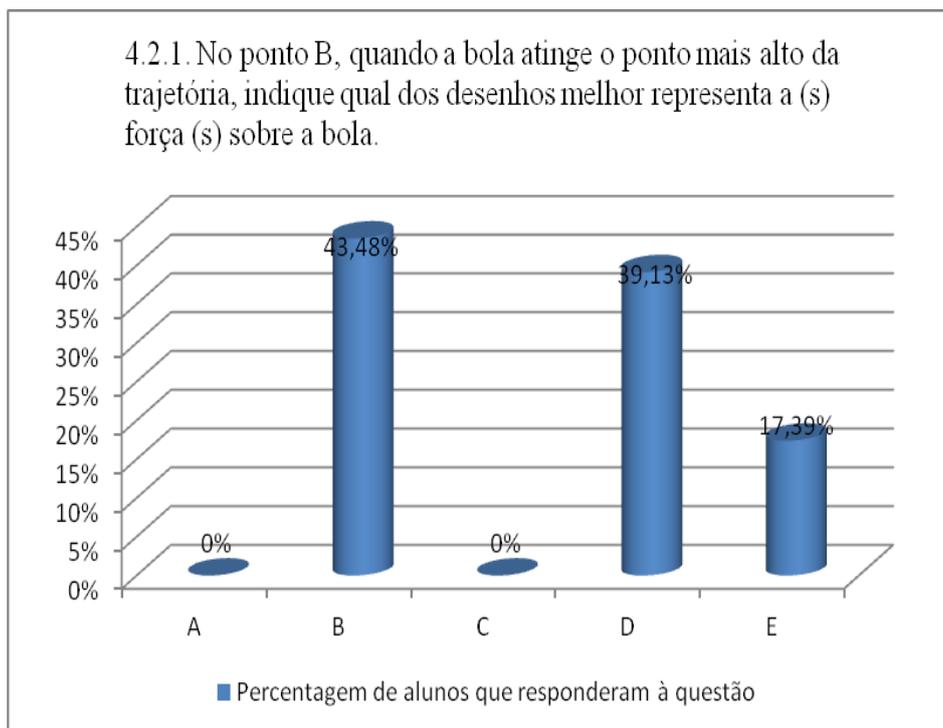


Gráfico VIII- Resultados da questão 4.2.1

Em relação à questão 4.2.1, 60,9 % dos alunos responderam que no ponto B- posição de inversão de movimento da bola - há duas forças com a mesma direção, mesma intensidade e sentidos contrários aplicados na bola. De realçar que apenas 39,1% dos alunos responderam corretamente, ou seja, apenas temos a força gravítica, pois a força resistiva do ar é desprezável. Os alunos têm a perceção de que a bola para subir tem que ter uma força aplicada, daí eles representarem as duas forças.

A alínea 4.2.2 pedia que escolhessem a opção correta relativamente à velocidade e, a maioria acerta na escolha da resposta. Cerca de 60,87% alunos responderam bem à questão.

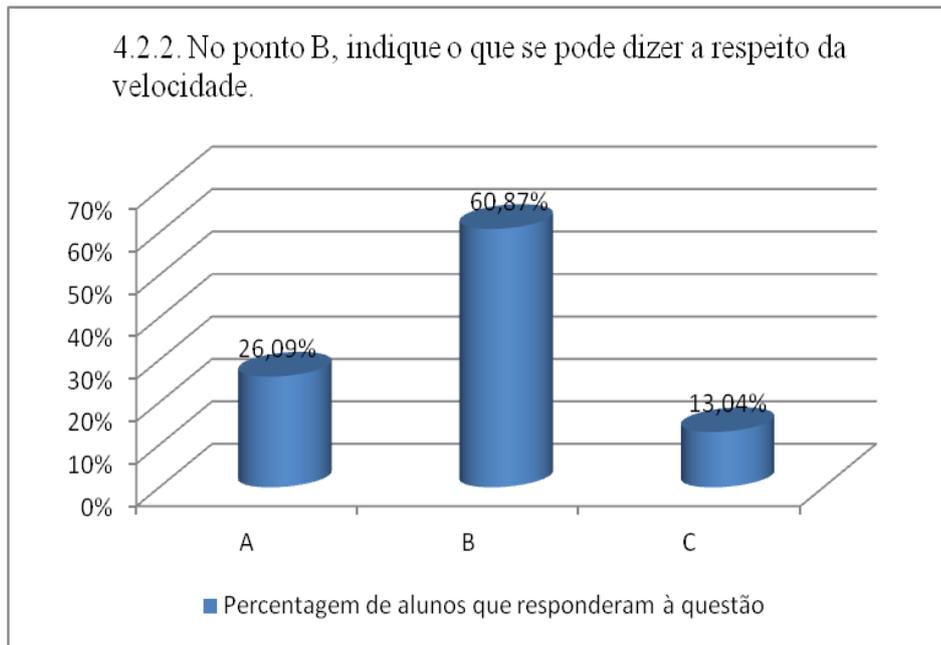


Gráfico IX- Resultados da questão 4.2.2.

No que concerne à questão 4.2.2, 60,9 % dos alunos responderam que no ponto de inversão de movimento da bola o módulo da velocidade mantém-se. Apenas 39,1 % dos alunos responderam erradamente. No instante da inversão de sentido a velocidade da bola anula-se. Atendendo que eles consideram a existência de um impulso para que o corpo suba, considera que ele é responsável pela inversão do movimento da bola fazendo com que a velocidade aumente.

Relativamente à alínea 4.2.3, a maioria dos alunos acertou na resposta (86,95% dos alunos).

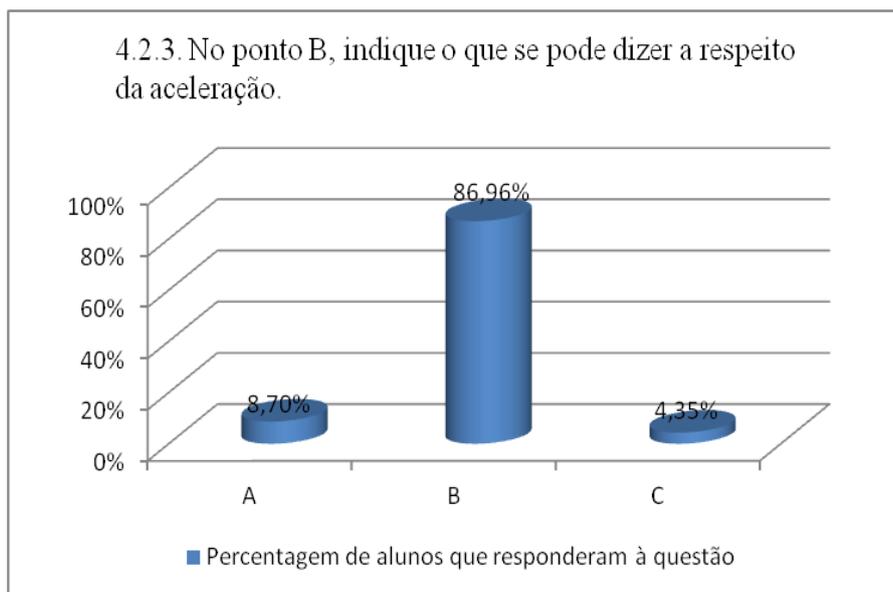


Gráfico X- Resultados da questão 4.2.3.

Em relação à questão 4.2.3, 86,9 % dos alunos responderam que o módulo da aceleração mantém-se no ponto de inversão de movimento da bola. Apenas 13,1 % dos alunos responderam corretamente, pois no ponto de inversão de movimento da bola o módulo da aceleração mantém-se constante. Atendendo que os alunos consideram que o módulo da velocidade aumenta, também consideram que a aceleração aumenta.

Referente à conceção alternativa testada na questão 4.3.1, podemos dizer que os alunos pensam que *num corpo em movimento existe uma força na direção do movimento*. Porém, 34,78% dos alunos não apresentam essa conceção, embora os restantes e ainda a maior parte tenha optado pela opção mais provável para comprovar essa mesma conceção.

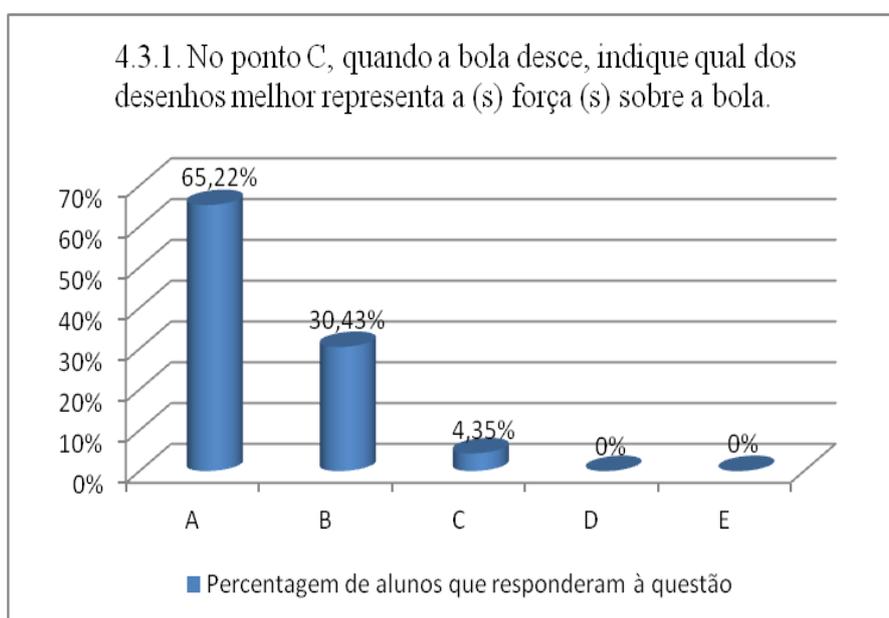


Gráfico XI- Resultados da questão 4.3.1.

Em relação à questão 4.3.1, 65,2,7 % dos alunos responderam que no ponto C – movimento descendente da bola - apenas temos a existência de uma força, ou seja, a força gravítica, pois a força resistiva do ar é desprezável. De realçar que 34,8 % dos alunos responderam a alínea b) e C), ou seja, há duas forças com a mesma direção, mesma intensidade e sentidos contrários aplicados na bola tendo apenas um aluno respondido que havia duas forças no sentido descendente. Os alunos consideraram que existiam essas duas forças visto que já as tinham considerado na subida.

Nesta alínea, sobre velocidade, a maioria dos alunos responderam corretamente e apenas dois alunos erraram, como se pode verificar no gráfico XII.

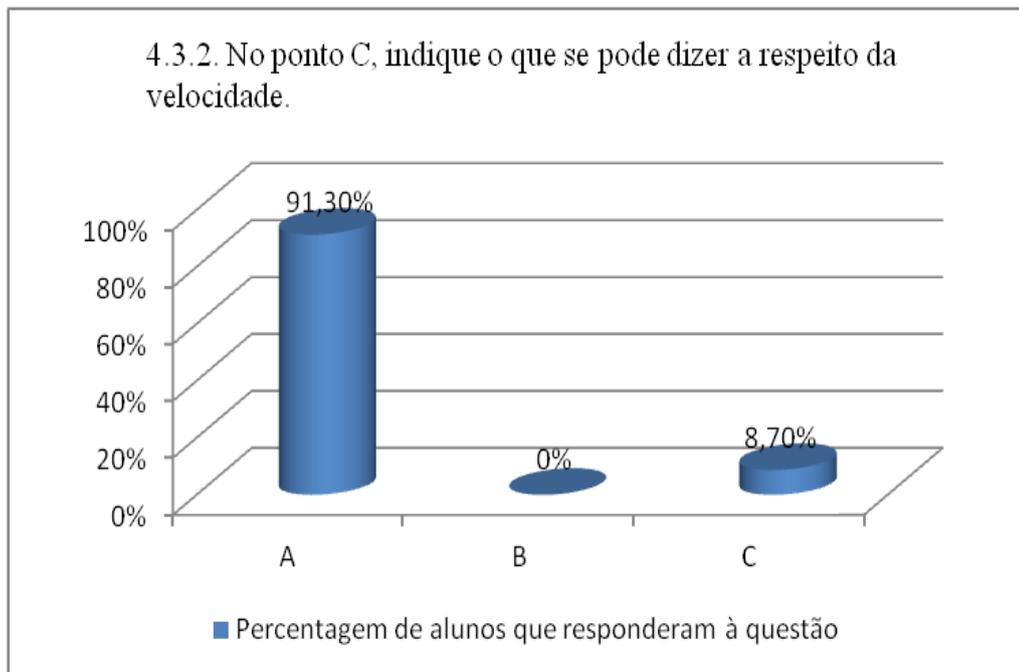


Gráfico XII- Resultados da questão 4.3.2.

No que concerne à questão 4.3.2, 91,3 % dos alunos responderam que, durante a descida da bola, o módulo da velocidade aumenta. Somente 8,7 % dos alunos responderam erradamente, pois, durante a descida da bola, o módulo da velocidade vai aumentando. De acordo com a percepção a bola irá parar no chão, daí que os alunos considerarem que a bola vai perdendo velocidade na descida.

Nesta alínea, sobre aceleração, a maioria dos alunos responderam corretamente e apenas sete alunos erraram, como se pode verificar no gráfico XIII.

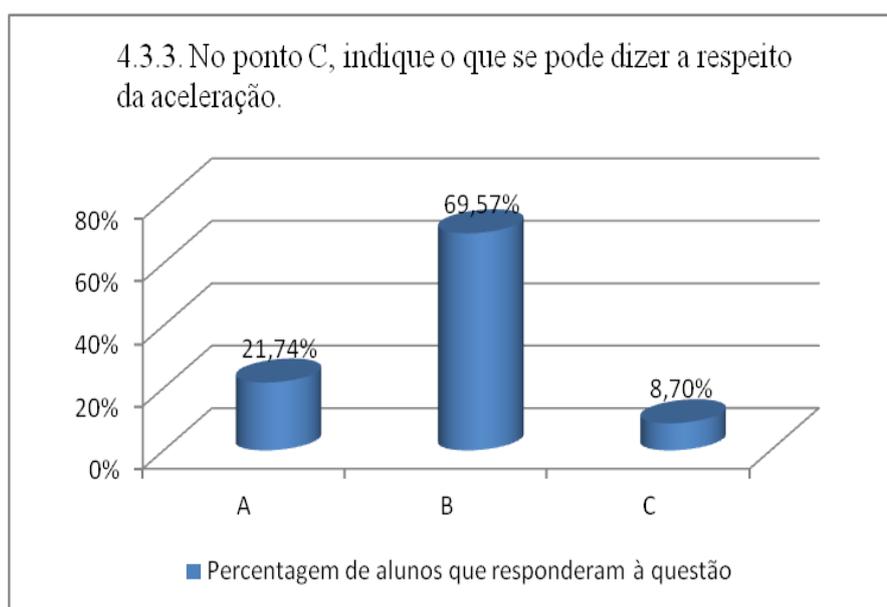


Gráfico XIII- Resultados da questão 4.3.3.

No que concerne à questão 4.3.3. 70,0 % dos alunos responderam que, durante a descida da bola, o módulo da aceleração aumenta. Mas cerca de 30 % dos alunos responderam erradamente, pois, durante a descida da bola, a variação do módulo da velocidade vai aumentado. Atendendo que a aceleração é uma consequência da variação da velocidade, os alunos ao considerarem que a velocidade diminui consideraram que a aceleração também diminuía.

A conceção alternativa escolhida para a questão 5.1. refere-se ao facto dos alunos partirem da ideia que as forças descrevem a trajetória do movimento. Como estamos a referir-nos ao movimento circular ainda se torna mais complicado para os alunos combaterem essa conceção, daí não termos obtido nenhuma resposta correta, como se pode verificar no gráfico XIV.

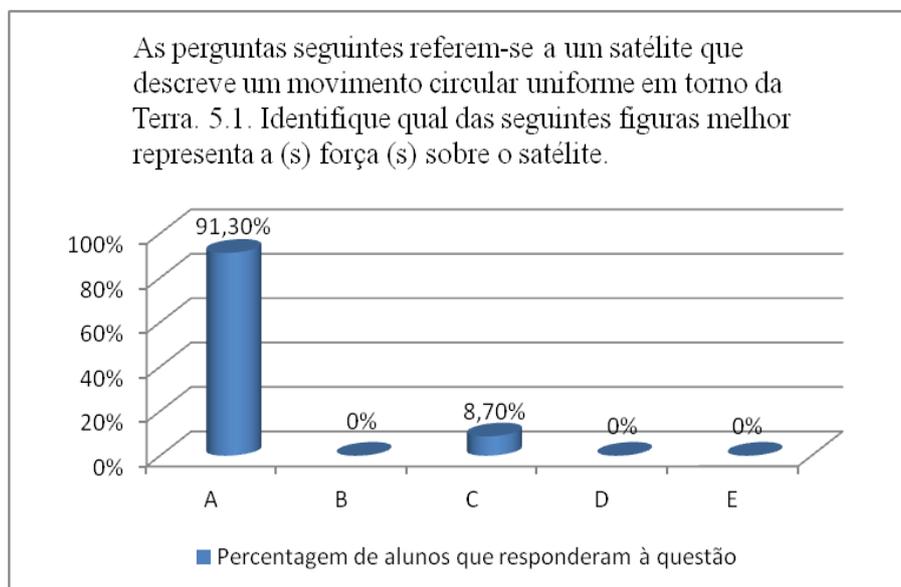


Gráfico XIV- Resultados da questão 5.1.

Em relação à questão 5.1, 91,3 % dos alunos responderam que, durante o movimento circular uniforme de um satélite em torno da Terra, existe a aplicação de três forças, tendo duas delas sentidos contrários e direção perpendicular a uma terceira força. É de realçar que nenhum aluno respondeu corretamente a esta questão. Os alunos consideram as três forças porque consideram, que o corpo está sujeito às mesmas forças de um corpo à superfície da terra. E a terceira força é o impulso para ele descrever o movimento circular.

Nesta alínea, pedíamos que escolhessem a opção que melhor representava a velocidade de um satélite. As respostas repartiram-se por três opções, sendo que a totalidade dos alunos acertaram na resposta.

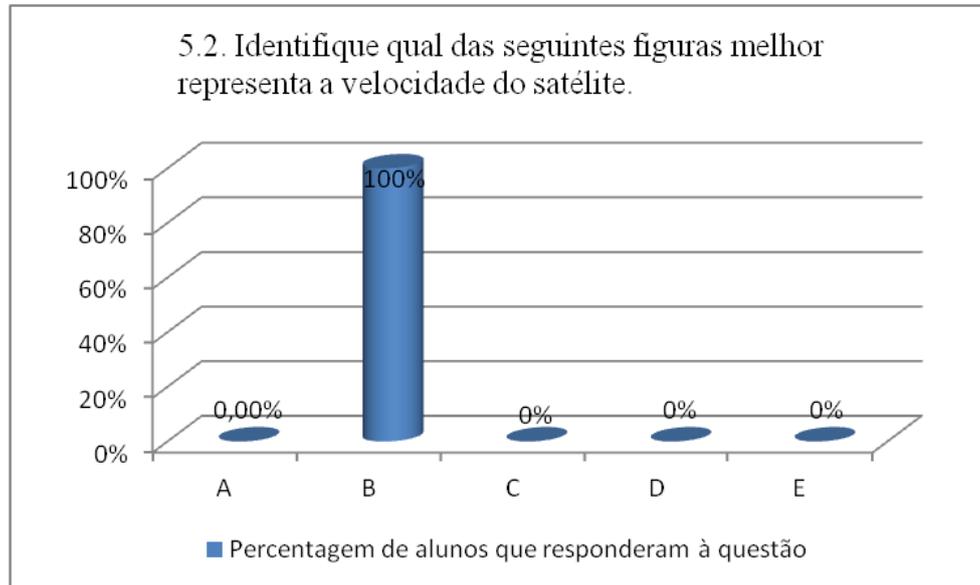


Gráfico XV- Resultados da questão 5.2.

No que concerne à questão 5.2, 100 % dos alunos responderam corretamente, ou seja, o vetor da velocidade do satélite é tangencial à trajetória do satélite.

Identicamente à alínea anterior, pedimos aos alunos que escolhessem a opção correta sobre a aceleração de um satélite. Aqui 86,96% dos alunos responderam corretamente e os outros três responderam erradamente, como se pode constatar no gráfico XVI, relativo à alínea 5.3.

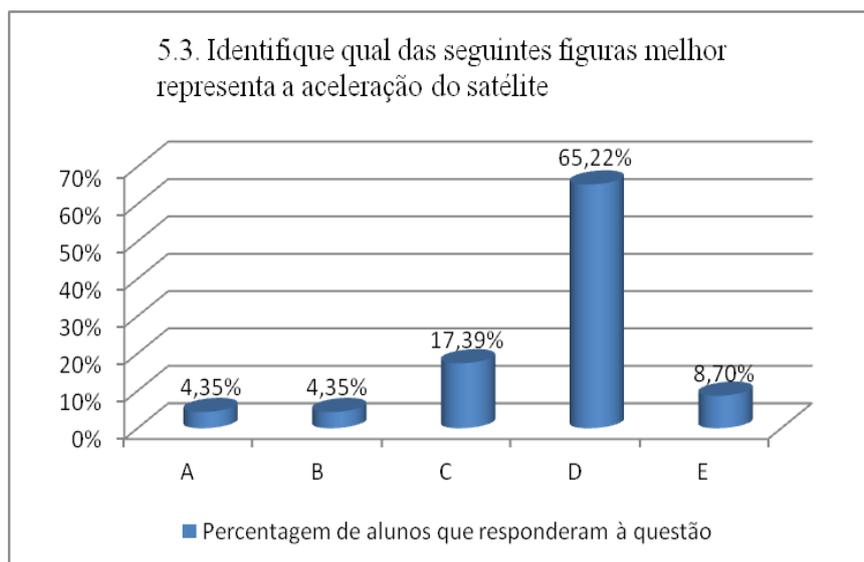


Gráfico XVI- Resultados da questão 5.3.

Em relação à questão 5.3, 86,9 % dos alunos responderam corretamente. No entanto, é de referir que 13,1 % dos alunos representam a aceleração do satélite como um conjunto de dois vetores com sentidos opostos. Os alunos que responderam C já anteriormente tinham representado mal a velocidade.

Na questão 6, ainda nos remetemos ao movimento circular, sendo mais esclarecedora, daí apenas termos obtido uma resposta correta. Neste caso, a única diferença que se apresenta é o facto de os alunos não saberem onde a força é aplicada.

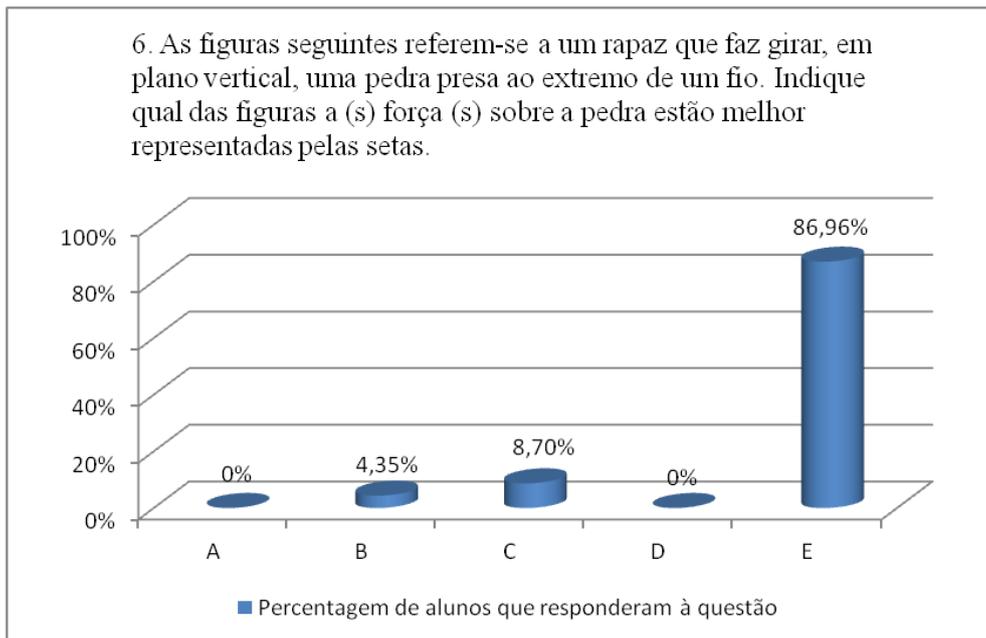


Gráfico XVII- Resultados da questão 6.

Relativamente à questão 6, 95,7% dos alunos responderam que quando temos uma pedra presa ao extremo de um fio e a fazemos girar em plano vertical, temos a aplicação de três forças na pedra. É de realçar que apenas 4,3% dos alunos responderam corretamente.

A conceção alternativa abordada na questão 7.1 diz respeito ao facto dos alunos associarem o movimento constante a uma força constante e existir uma relação entre a força de atrito e a velocidade da força exercida. Os resultados obtidos transparecem que 69,57% dos alunos não possuem a conceção referida.

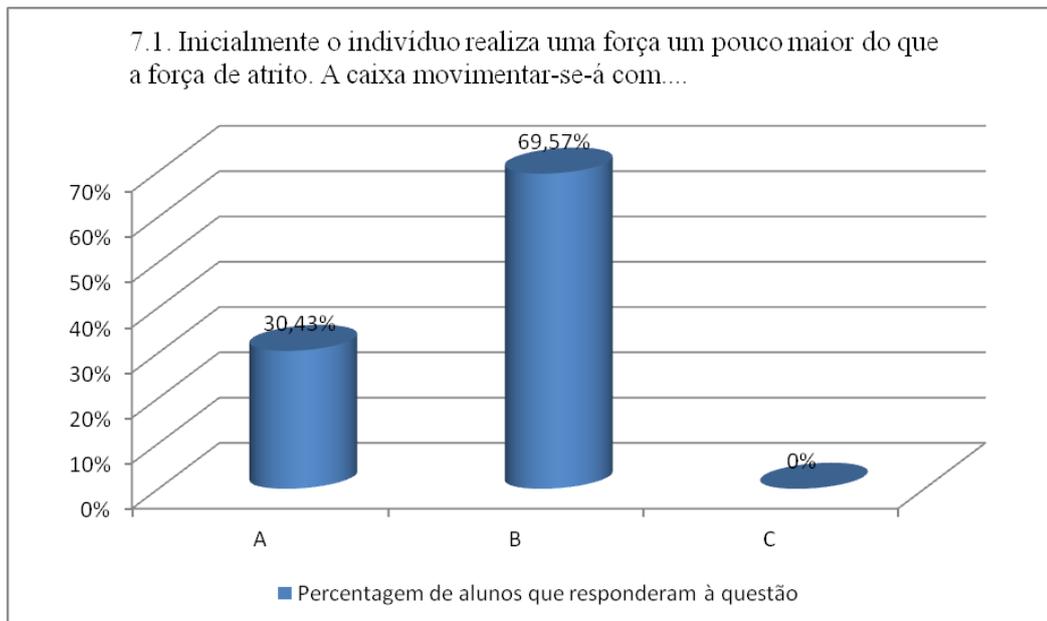


Gráfico XVIII- Resultados da questão 7.1

No que concerne à questão 7.1, 69,6 % dos alunos responderam que quando aplicamos uma força horizontal sobre uma caixa e desprezando a força de resistência do ar superior à força de atrito, a caixa movimentar-se-á com uma velocidade pequena e constante, pois a maioria dos alunos relacionam a força de atrito com a intensidade da força exercida na caixa. No entanto, 30,4 % dos alunos responderam corretamente à questão.

Relativamente à questão 7.2, quisemos testar a seguinte concepção alternativa, a força de atrito influencia a velocidade da força exercida no movimento. Através do gráfico seguinte podemos comprovar que nem todos os alunos possuem essa ideia. Somente 13,04% dos alunos responderam corretamente e os restantes recorreram a outras duas opções.

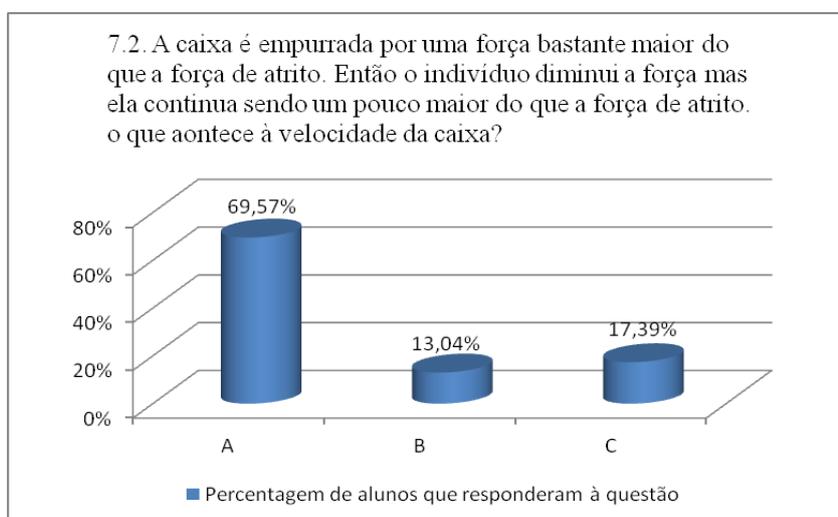


Gráfico XIX- Resultados da questão 7.2

Em relação à questão 7.2, apenas 13 % dos alunos responderam corretamente. No entanto, é de mencionar que 87% dos alunos referem que quando aplicamos na caixa uma força horizontal bastante maior do que a força de atrito e posteriormente diminuimos a intensidade dessa força, a velocidade da caixa diminui ou permanece constante. No dia-a-dia os alunos constataam que ao deixar de se aplicar a força a velocidade diminui acabando o caixote por parar.

Se analisarmos o gráfico seguinte correspondente à alínea 7.3, verificamos que ninguém da turma conseguiu responder acertadamente à questão, não possuindo a ideia que quando um corpo possui força de atrito igual à força exercida, este encontra-se em repouso.

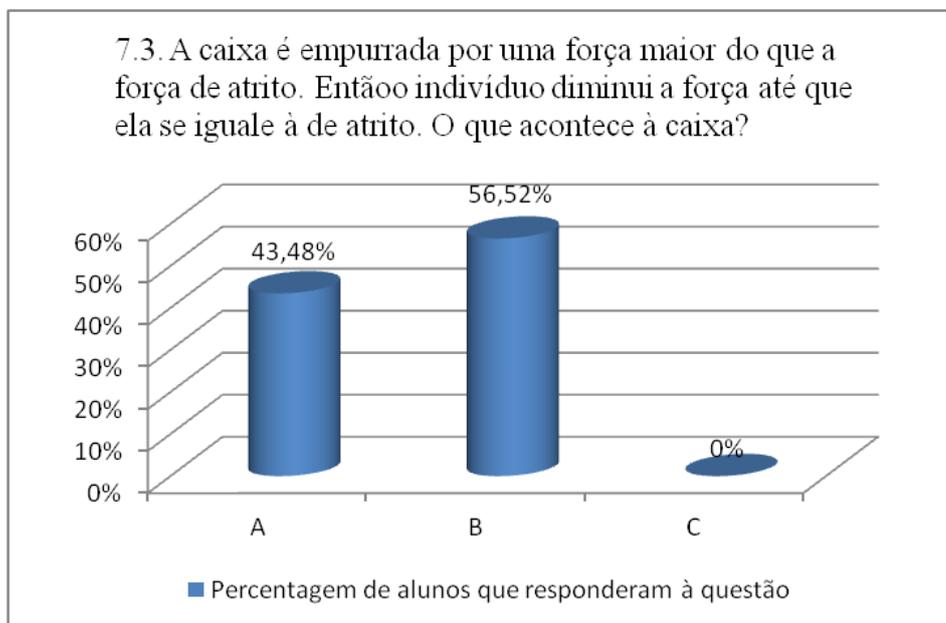


Gráfico XX- Resultados da questão 7.3.

Relativamente à questão 7.3, os alunos responderam que quando aplicamos uma força horizontal sobre uma caixa bastante maior do que a intensidade da força de atrito e posteriormente diminuimos a intensidade dessa força até igualar à intensidade da força de atrito, a caixa continuará a movimentar-se mas acabará por parar. Para a maioria dos alunos, quando duas forças com a mesma direção, mesma intensidade mas sentidos contrários são aplicadas numa caixa que se encontra num plano horizontal, ela acaba por parar. É de realçar que nenhum dos alunos respondeu corretamente.

O mais lógico será pensar que o módulo da força \vec{F} Deve ser maior que a força de atrito para que haja algum movimento...conceção errada. Parece ser lógico que para

que haja algum movimento a força de resistência deve ser menor que a força de ação. Mas como sabemos para um corpo manter a velocidade constante é necessário que a resultante seja igual a zero. No caso da caixa, se os alunos pensarem inicialmente, na caixa como um objeto em repouso teremos que, primeiramente, ter a força de atrito menos que a força \vec{F} , para que inicialmente consigamos colocar a caixa em movimento, e depois teremos que ter a força de atrito igual a força \vec{F} para que a resultante fique igual zero.

De acordo com os resultados obtidos na questão 8.1, podemos afirmar que quase metade da turma não possui a concepção alternativa que *associa movimento constante à força aplicada constante*. Contudo, a restante turma possui diferentes concepções, sendo aqui testada a que suporta a alínea c).

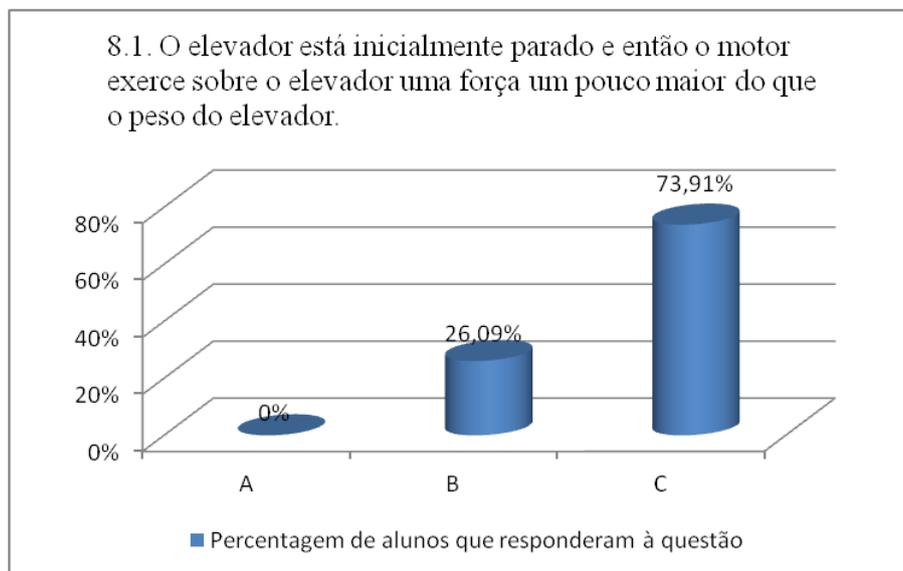


Gráfico XXI- Resultados da questão 8.1

No que concerne à questão 8.1, 26,1 % dos alunos responderam corretamente. No entanto, 73,9 % dos alunos responderam erradamente.

A partir da análise da questão 8.2, podemos afirmar que mais de três quartos da amostra não possui a ideia aqui testada, ou seja, para eles não existe uma relação diretamente proporcional entre peso e força de um corpo. O mesmo não se verifica para os restantes, uma vez que possuem a ideia de que existe uma relação diretamente proporcional entre força e peso de um corpo.

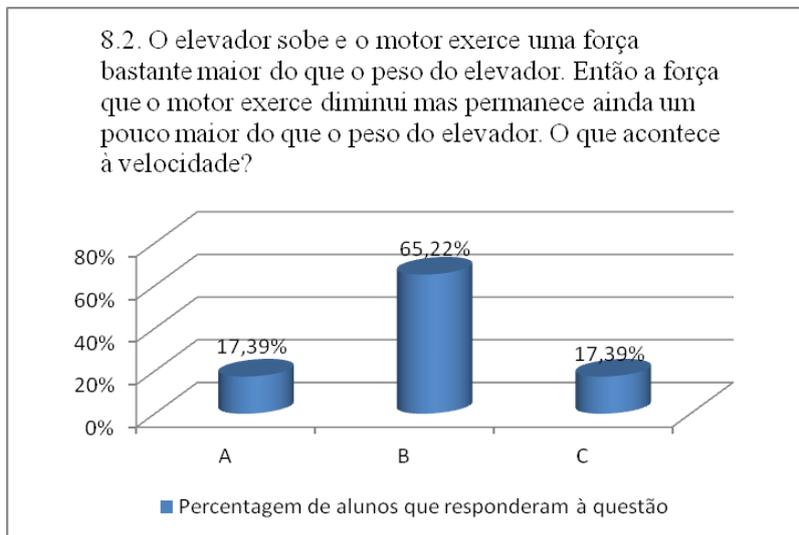


Gráfico XXII- Resultados da questão 8.2.

Em relação à questão 8.2, apenas 17,4 % dos alunos responderam corretamente. No entanto, é de mencionar que 82,6% dos alunos referem que a velocidade do elevador diminui ou não se altera quando variamos a intensidade da força que o motor exerce em relação ao peso do elevador. Quando entramos em um elevador, de acordo com o seu movimento podemos sentir diferentes sensações, na maior parte do seu percurso ele descreve um movimento uniforme, só perceberemos a variação de velocidade em seu movimento inicial ou final.

Lembrando que de acordo com a 1ª Lei de Newton, o corpo, por inércia, tende a manter seu estado, seja ele de repouso ou de movimento retilíneo uniforme. E de acordo com o princípio fundamental da Dinâmica, a força resultante (F_R) pode ser calculada por $F_R = m.a$, onde m é a massa do corpo e a é a aceleração desenvolvida pelo mesmo. Ao analisar a situação de início de movimento de subida, o elevador faz uma força para cima, tendo uma aceleração positiva voltada para cima. Como a resultante está para cima, a força normal é maior que a força peso. $F_N > P \rightarrow F_R = F_N - P$. Os alunos consideram que ao iniciar o movimento ele se faz de forma constante e com uma velocidade reduzida.

Já no que se refere à questão 8.3, podemos constatar que uma pequena parte da turma é que não suporta a concepção alternativa que se traduz no seguinte, quando um corpo possui peso igual à força exercida, este encontra-se em repouso. Como comprovação, a maior parte dos alunos optou pela alínea a), a que era esperada.

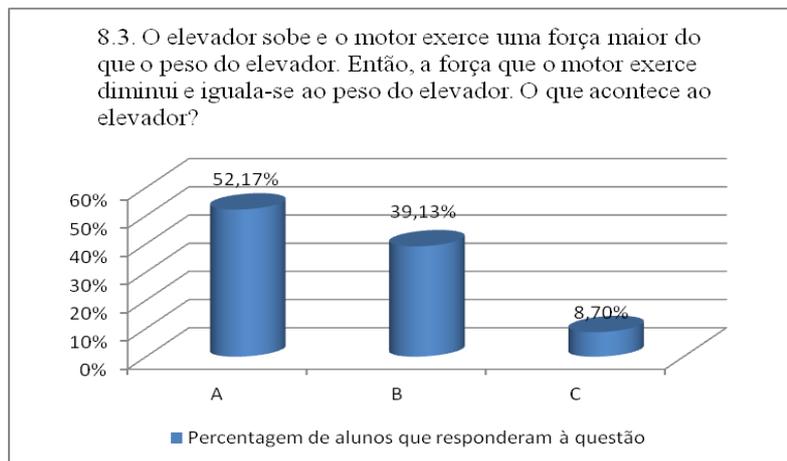


Gráfico XXIII- Resultados da questão 8.3

No que concerne à questão 8.3, 8,7 % dos alunos responderam corretamente, ou seja, não apresentam a concepção acima mencionada. No entanto, 91,3 % dos alunos responderam erradamente.

Referente à questão 8.4, a concepção testada é igual à da questão anterior, ou seja, quando um corpo possui peso igual à força aplicada, este encontra-se em repouso. Contudo, como a questão era mais explícita para os alunos, estes responderam acertadamente numa maior proporção.

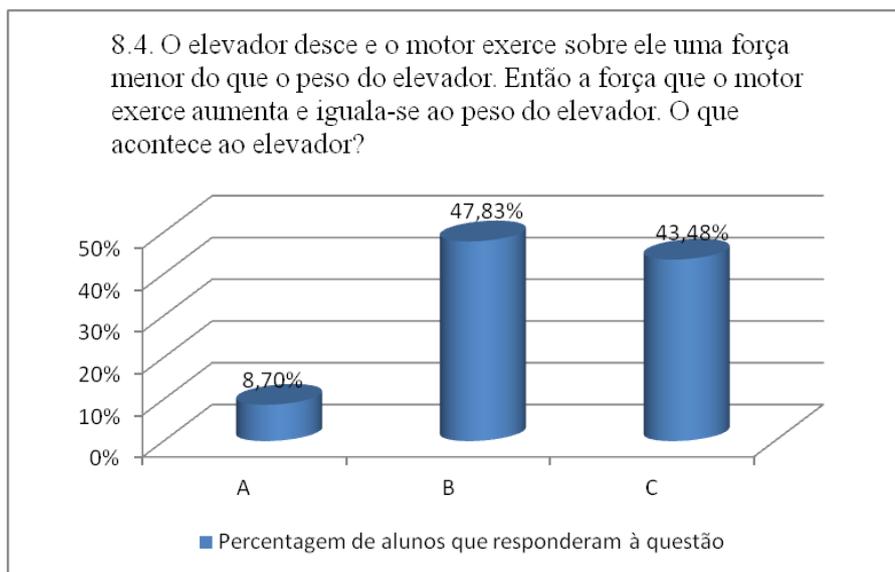


Gráfico XXIV- Resultados da questão 8.4.

Relativamente à questão 8.4, 8,7 % dos alunos responderam corretamente. No entanto, 91,3% dos alunos responderam erradamente.

A concepção alternativa testada na questão 8.5 diz respeito ao facto da força exercida possuir o sentido do movimento e o peso influenciar a força exercida. E, como podemos comprovar, somente 17,39% dos alunos não possuem esta concepção, porém os

restantes distribuíram a sua resposta pelas duas outras opções. A opção que deteve maior proporção apoia a resposta esperada.

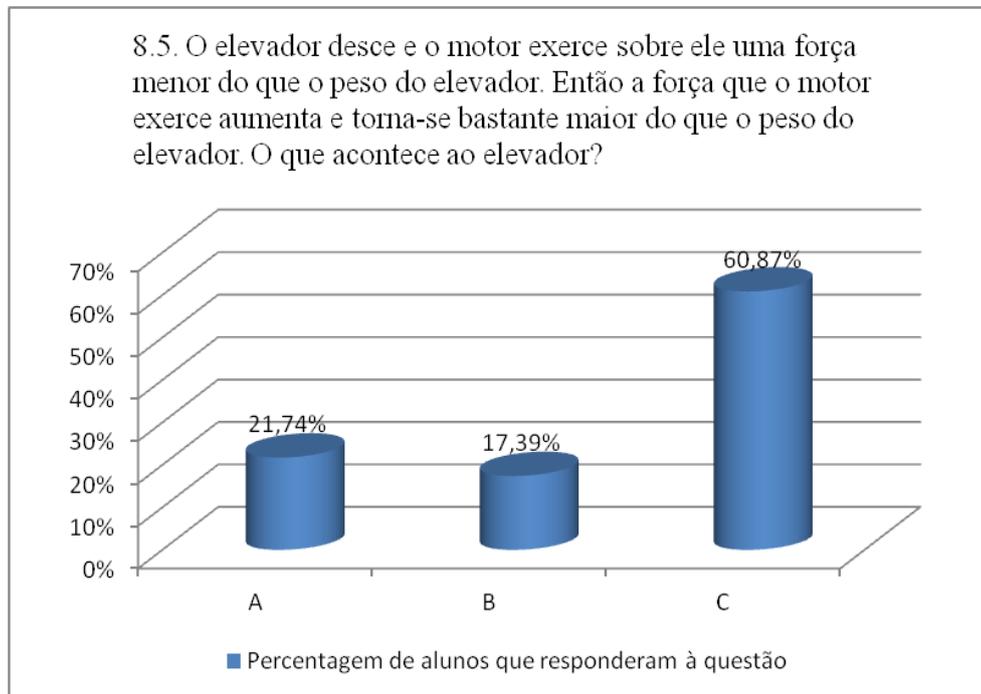


Gráfico XXV- Resultados da questão 8.5

Em relação à questão 8.5, apenas 17,4 % dos alunos responderam corretamente. No entanto, é de mencionar que 82,6 % dos alunos referem uma resposta errada.

Relativamente à segunda parte da análise das respostas dadas pelos alunos no TAC, feita a análise dos conceitos e teoremas-em-ação (CEA e TEA, respetivamente), presentes em cada questão do teste, dividiu-se esta análise em duas partes: a tabela com a descrição dos CEA e TEA (Tabela 6) e os níveis de conceptualização (Tabela 7) respetivamente.

Aqui, alguns alunos apresentam a inexistência de uma força quando um corpo se encontra em repouso, CEA detetada na maioria dos alunos. Para estes somente agentes ativos exercem força, caso contrário não se verifica. Assim, é neste aspeto que reside a maior questão que se deparam os alunos, será obrigatória a presença de agentes ativos para poder confirmar a existência de força?

Os alunos nas suas respostas comprovam que somente a existência de força é responsável por comunicar ao corpo uma aceleração, o que o faz movimentar. Para

estes, a dinâmica ou movimento de um corpo depende ou não da força que foi comunicada ao corpo.

Primeiramente são registados na tabela 6, os CEA e os TEA identificados pelos alunos perante as situações-problemáticas apresentadas no TAC, bem como exemplos de respostas mais comumente dadas pelos alunos (categoria da resposta).

Situação Física	CEA	TEA	Categoria da resposta
1	<p>1. Um corpo em repouso permanece na mesma posição em relação a um referencial;</p> <p>2. Um corpo em movimento muda de posição em relação a um referencial;</p> <p>3. Uma força é uma interação que se estabelece entre dois corpos capaz de lhe alterar o seu estado de movimento ou repouso ou de lhes causar deformação;</p> <p>4. Quando existe mais do que uma força a atuar num mesmo corpo, falamos em força resultante;</p> <p>5. Se sobre um corpo atuarem duas forças com a mesma intensidade, a mesma direção mas sentidos opostos, dizem-se simétricas, logo, anulam-se e a força resultante é zero;</p> <p>6. Se sobre um corpo atuarem duas forças com intensidades diferentes, a mesma direção mas sentidos opostos, a força resultante terá direção igual à das duas componentes e sentido igual ao da componente com maior intensidade.</p> <p>7. A aceleração é a variação da velocidade por unidade de tempo;</p> <p>8. A aceleração adquirida por um corpo é diretamente proporcional à intensidade da força que nele atua e inversamente proporcional à sua massa;</p> <p>9. A força resultante, (\vec{F}_r), que atua num corpo de massa m, e a aceleração, \vec{a}, que ele adquire, relacionam-se por $\vec{F}_r = m\vec{a}$;</p> <p>10. A velocidade é a variação da posição por unidade de tempo;</p> <p>11. A força de atrito caracteriza-se por possuir a mesma direção mas sentido oposto ao movimento;</p> <p>12. No MRU a velocidade do corpo mantém-se constante e a aceleração é nula;</p> <p>13. No MRUA, a aceleração tem a mesma direção e sentido do movimento e a velocidade aumenta uniformemente</p>	<p>1. Um corpo move-se quando as posições ocupadas por esse corpo, em relação a um determinado referencial, variam no decurso do tempo;</p> <p>2. Para que um corpo pare, inicie ou altere o seu movimento é necessário aplicar-lhe uma força;</p> <p>3. Um corpo terá tendência para permanecer no estado em que se encontra se a força resultante que nele atua for nula;</p> <p>4. A força aplicada a um corpo imprime-lhe uma aceleração com a mesma direção e sentido da força;</p> <p>5. Qualquer corpo em movimento está sujeito à ação de forças de atrito;</p> <p>6. Força de atrito é uma força de contacto, que se opõe ao movimento;</p> <p>7. Ao imprimirmos uma força num corpo, considerando a força de atrito desprezável, o movimento do corpo é inicialmente uniformemente acelerado, passando a ser MRU;</p> <p>8. Ao imprimirmos uma força num corpo, considerando que está sujeito à força de atrito, o movimento é inicialmente uniformemente acelerado, passando a ser MRUR, acabando por ficar em repouso;</p> <p>9. Os corpos possuem</p>	<p>A4: “Porque no livro em repouso em cima da mesa atuam duas forças: o peso e a reação normal, que têm sentidos contrários, mas a mesma intensidade, e por isso anulam-se, não deixando que o livro entre pela mesa.”</p> <p>A12: “Num livro apoiado em cima de uma mesa atuam duas forças: força gravítica ou peso, força essa que é exercida pela Terra sobre o livro e por isso o vetor que representa essa força tem origem no centro de massa do livro e aponta para o centro da Terra, e a reação normal, força exercida pela mesa sobre o livro.”</p> <p>A11: “Porque o sistema de forças aplicadas na situação livro em repouso em cima da mesa é a força gravítica ou peso e a</p>

	<p>com o tempo;</p> <p>14. No MRUR, a aceleração tem a mesma direção mas sentido contrário ao movimento, a velocidade diminui uniformemente com o tempo;</p> <p>15. A massa de um corpo é a medida da sua inércia. Isto é, quanto maior for a massa de um corpo, maior é a sua inércia;</p> <p>16. As forças aparecem aos pares, pares ação-reação, porque resultam de uma interação entre dois corpos;</p>	<p>resistência em modificar o seu estado de repouso ou de MRU, a que chamamos inércia dos corpos;</p> <p>10. Quando um corpo exerce uma força sobre o outro, este exerce também sobre o primeiro uma força de igual módulo e direção mas de sentido contrário;</p>	<p><i>reação normal do livro.</i>”</p> <p>A14: “<i>Quando um corpo está apoiado numa superfície e está em repouso, só atuam nele o peso e a reação normal.</i>”</p>
2	<p>1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 7.; 8.; 9.; 10.; 11.; 12.; 13.; 14.; 15.; 16.;</p> <p>17. A aceleração a que um corpo está sujeito, quando se move livremente na vertical (quer no sentido ascendente, quer no descendente), é a aceleração da gravidade (\vec{g});</p> <p>18. Força gravítica ou peso é a força que a Terra exerce sobre os corpos;</p> <p>19. Um corpo sujeito apenas à força gravítica é designado por grave e diz-se em queda livre;</p> <p>20. O peso de um corpo é diretamente proporcional à sua massa, relacionando-se pela expressão $\vec{P} = m\vec{g}$;</p> <p>21. No sentido descendente, a velocidade a aceleração de um corpo têm ambos sentidos descendentes;</p> <p>22. A resistência do ar depende da velocidade a que o corpo se movimenta e da área de superfície de contacto do corpo;</p> <p>– A resistência do ar é diretamente proporcional à velocidade de um corpo;</p> <p>– A resistência do ar aumenta como aumento da área da superfície de contacto;</p> <p>23. A resistência do ar só poderá ser desprezada quando a velocidade é pequena e o corpo é pequeno e</p>	<p>1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 9.; 10;</p> <p>11. Inicialmente, quando um paraquedista salta, a resistência do ar é praticamente nula, e o sistema paraquedas/paraquedista descreve, aproximadamente, um MRUA;</p> <p>12. Quando um corpo é lançado verticalmente ou está em queda livre, desprezando a resistência do ar, a única força que atua é a força gravítica ou peso;</p> <p>–Um corpo que é “atirado ao ar” executa um MRUR até parar quando atinge a altura máxima. Durante a subida o valor da velocidade é sucessivamente menor e o valor da aceleração é constante;</p> <p>–Um corpo que cai livremente para o chão executa um MRUA até atingir o chão. Durante a queda o valor da velocidade é sucessivamente maior e o valor da aceleração mantém-se constante;</p> <p>13. Se a resistência do ar</p>	<p>A10: “<i>Porque como não há paraquedas, o paraquedista está em queda livre e na queda livre a resistência do ar é desprezável.</i>”</p> <p>A2: “<i>A resistência do ar é praticamente nula pois o paraquedas está fechado, então a área de contacto com o ar é diminuta.</i>”</p> <p>A11: “<i>Porque a única força a considerar é o peso sendo a resistência do ar desprezável visto que é muito baixa.</i>”</p> <p>A3: “<i>Porque como não tem o paraquedas aberto, despreza-se a resistência do ar e a única força que atua no paraquedista é o peso.</i>”</p> <p>A15: “<i>Quando o paraquedas está aberto a área de superfície de contacto aumenta o que faz com que a resistência do ar seja maior que o peso. Assim a força resultante é dirigida de</i></p>

	<p>compacto;</p> <p>24. Velocidade terminal é a velocidade atingida por um corpo em queda quando o peso e a força de resistência do ar se equilibram</p>	<p>não existisse, todos os corpos chegariam ao mesmo tempo ao chão quando largados da mesma altura;</p> <p>14. Decorridos alguns instantes após o salto, o ar vai oferecer uma certa resistência ao movimento. No entanto, o peso do sistema é superior à intensidade da resistência do ar.</p> <p>15. Quando um corpo se move na vertical, e a resistência do ar não é desprezável, a resultante das forças que nele atua e o movimento que ele irá adquirir depende da relação entre a resistência do ar e do peso do corpo;</p> <p>– Quando um corpo é “atirado ao ar” regista-se uma diminuição da velocidade, embora essa diminuição não seja linear com o tempo.</p> <p>– Quando um corpo cai livremente regista-se um aumento da velocidade, embora esse aumento não é linear com o tempo, o que implica que a resultante das forças não seja constante, ou seja, que o valor da resistência do ar aumenta (já que o peso do corpo é constante);</p> <p>16. Num determinado instante, a resultante das forças vai-se anular e o paraquedista descreve um MRU. O paraquedista atingiu a 1ª velocidade</p>	<p><i>baixo para cima pelo que a velocidade é negativa e o movimento é retilíneo uniformemente retardado.”</i></p> <p>A1: “Quando o paraquedas está aberto a resistência do ar aumenta e torna-se, em módulo, maior do que a força gravítica.”</p> <p>A7: “Quando o paraquedista abre o paraquedas a superfície de contacto aumenta, aumentando assim a resistência do ar, resultando uma diminuição da velocidade.”</p>
--	---	--	--

		<p>terminal.</p> <p>17. Quando o paraquedista abre o paraquedas a intensidade da resistência do ar é superior ao peso do sistema. A resultante das forças que atua no sistema tem sentido contrário ao movimento, ou seja, no sentido da força da resistência do ar. Regista-se uma diminuição da velocidade, embora essa diminuição não seja linear com o tempo.</p> <p>18. Algum instantes pós a abertura do paraquedas o movimento passa a MRU. A resultante das forças é nula e atinge-se a 2ª velocidade terminal.</p> <p>19. Até atingir o solo, o paraquedista desloca-se com velocidade constante, anulando-se quando este chega ao solo.</p> <p>20. Quando o paraquedista bate no solo a força que o solo exerce sobre o paraquedista é superior à força gravítica.</p>	
3	1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 7.; 8.; 9.; 10.; 11.; 12.; 13.; 14.; 15.;16.	1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 7.; 8.; 9.; 10.;	A15: <i>“Para que a bola se mova é necessário que a força aplicada no corpo seja maior que a força de atrito. À medida que o corpo se vai deslocando a força de atrito vai aumentando até que se iguala à força aplicada no</i>

			<p>corpo. Assim, $\vec{F}_r = 0e$, por isso, a velocidade é nula e o corpo acaba por parar.”</p> <p>A23: “Primeiro vai com uma velocidade elevada mas com a força de atrito vai perdendo a velocidade até que pára.”</p> <p>A19: “A força de atrito mantém-se constante ao longo do tempo, assim a força aplicada sobre o corpo que o pôs em movimento vai diminuindo acabando por desaparecer.”</p> <p>A6: “O atrito leva à diminuição da velocidade e assim ao atingir o ponto C, a velocidade é zero.”</p> <p>A20: “No ponto A a velocidade é superior à força de atrito, mas ao longo do percurso a velocidade vai diminuindo até atingir o repouso devido à força de atrito.”</p>
4	<p>1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 7.; 8.; 9.; 10.; 11.; 12.; 13.; 14.; 15.; 16.;17. ; 18.;19.; 20.; 21.; 22.; 23.;</p> <p>25. No sentido ascendente, a velocidade de um corpo tem sentido ascendente mas aceleração tem sentido descendente;</p>	<p>1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 9.; 10.; 12.; 13. ; 15.</p>	<p>A16: “Como a resistência do ar é desprezável, apenas existe o peso a atuar.”</p> <p>A5: “No ponto B a velocidade é nula, então a velocidade vai diminuindo de A para B até atingir o valor zero.”</p> <p>A9: “A aceleração corresponde à aceleração</p>

			<p><i>gravítica, logo mantêm-se constante.”</i></p> <p>A23: <i>”Pois quando a bola atinge o ponto mais alto deixa de ter velocidade, acabando por cair devido à força gravítica.”</i></p> <p>A6: <i>”A velocidade é igual a zero no ponto B porque se dá a inversão de sentido da bola.”</i></p> <p>A7: <i>”No ponto C apenas atua a força gravítica porque a bola está em queda livre.”</i></p> <p>A12: <i>”No ponto C como a força atuante é a aceleração gravítica e tem o mesmo sentido que a velocidade, o movimento é acelerado e por isso a velocidade aumenta.”</i></p>
5	<p>1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 7.; 8.; 9.; 10.; 11.; 16.; 17.; 18.; 20.;</p> <p>26. No MCU, a velocidade é constante e a aceleração é não nula.</p> <p>27. No MCU, a força resultante (força centrípeta) caracteriza-se por estar direcionada para o centro da trajetória e é perpendicular à velocidade.</p> <p>28. A aceleração no MCU, denominada centrípeta, aponta sempre para o centro da trajetória e é perpendicular à velocidade.</p>	<p>1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 10.;</p> <p>21. Quando temos um corpo a descrever uma órbita praticamente circular em torno de outro, a força gravítica é sempre perpendicular à velocidade.</p> <p>22. O módulo da velocidade tem um valor que permite o movimento da órbita.</p> <p>23. A força gravítica só muda a direção da velocidade mas não muda o seu módulo.</p> <p>24. Ao contrário do MRU, a aceleração não é nula</p>	<p>A12: <i>”É a E pois a única força exercida sobre o satélite é a força gravítica.”</i></p> <p>A5: <i>”A velocidade é perpendicular à aceleração centrípeta.”</i></p> <p>A1: <i>”A opção B porque representa o vetor tangente à trajetória com o sentido do movimento.”</i></p> <p>A6: <i>”Opção B porque a velocidade é o vetor tangente à trajetória.”</i></p> <p>A12: <i>”O vetor velocidade tem de ter o sentido do movimento em cada ponto da trajetória.”</i></p>

		<p>porque a velocidade está constantemente a mudar de direção.</p> <p>25. A força resultante no MCU que atua sobre o corpo é sempre perpendicular à velocidade, cujo módulo nunca varia. Além disso, força resultante está sempre direcionada para o centro da trajetória.</p> <p>26. Um satélite acompanha o movimento da Terra, permanecendo imóvel acima do mesmo ponto da Terra.</p>	<p>A16: “A opção E representa a aceleração centrípeta, aponta para o centro do movimento.”</p> <p>A11: “Opção E porque a aceleração é perpendicular à velocidade.”</p> <p>A3: “A aceleração é a ação da força gravítica sobre o satélite.”</p>
6	<p>1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 7.; 8.; 9.; 10.; 11.; 16.; 17.; 18.; 20.; 26. :27.; 28.</p>	<p>1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 10.; 21. ;22. ; 23. ; 24. ; 25.</p>	<p>A6: “No movimento circular uniforme existem duas acelerações cujos vetores são perpendiculares à aceleração centrípeta e a tangencial e ainda a força gravítica, contudo são relevantes, a aceleração centrípeta e a força gravítica.”</p>
7	<p>1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 7.; 8.; 9.; 10.; 11.; 12.; 13.; 14.; 15.;16.</p>	<p>1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 7.; 8.; 9.; 10.;</p> <p>27. Quando aplicamos uma força a um corpo, superior à força de atrito que o corpo está sujeito, este adquire um aumento de velocidade.</p> <p>28. Quando aplicamos uma força a um corpo de igual intensidade da força de atrito que este nos oferece,</p>	<p>A16: “A força é pouco maior do que a força de atrito, tendo a força resultante a mesma direção e sentido que a força que atua no corpo.”</p> <p>A15: “Quando o movimento começa, a velocidade passa de 0 m/s para um valor. Assim, tem d haver um aumento de velocidade.”</p>

		<p>o corpo movimenta-se contudo com velocidade constante.</p>	<p>A14: "Porque a força realizada apesar de ter sentido oposto à força de atrito é maior que esta."</p> <p>A6: "A caixa encontra-se em repouso e começa a movimentar-se. Houve por isso um aumento de velocidade."</p> <p>A15: "Se a força aplicada diminuir, então a força resultante diminui. De acordo com a 2ª Lei de Newton, $\vec{F}_r = m\vec{a}$, pode-se dizer que a força resultante é diretamente proporcional à aceleração. Como \vec{F}_r diminui então a aceleração também diminui, o que significa que a velocidade aumenta."</p> <p>A6: "Se a força aplicada diminuir e como a massa é constante ($\vec{F}_r = m\vec{a}$) a aceleração vai diminuir, mas a velocidade continua a aumentar mas agora menor que anteriormente."</p> <p>A14: "Se a força se iguala à força de atrito e como têm sentidos opostos, a força resultante é nula logo a caixa continuará a movimentar-se com velocidade</p>
--	--	---	---

			<i>constante.”</i>
8	<p>1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 7.; 8.; 9.; 10.; 11.; 12.; 13.; 14.; 15.; 16.;17. ; 18.;19.; 20.; 21.; 22.; 23.;</p> <p>25.</p>	<p>1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 9.; 10.; 12.; 13. ; 15;</p> <p>29. Inicialmente, quando a força que o motor do elevador exerce é superior ao peso deste, o elevador subirá com um aumento de velocidade.</p> <p>30. Mesmo que a força que o motor exerce seja menor mas continue superior ao peso do elevador a velocidade que este adquire continuará a aumentar.</p> <p>31. Quando a força do motor é igual ao peso do elevador a velocidade que este assumirá será constante mas continuará a sua trajetória, tanto ascendente como descendente.</p> <p>32. No movimento descendente do elevador caso a força do motor seja superior ao peso do elevador, este continuará a descer contudo a sua velocidade diminuirá.</p>	<p>A6: “No princípio a velocidade aumenta pois passa de zero a um valor superior.”</p> <p>A15:”A velocidade aumenta pois no início do movimento tem velocidade nula e para um valor diferente de zero.”</p> <p>A19:”A força exercida pelo motor diminui como tal a velocidade aumenta.”</p> <p>A15:”A velocidade do elevador aumenta pois como a força de tração é maior que a força gravítica, então a força resultante é maior que zero logo a velocidade terá de aumentar.”</p> <p>A6: “ A velocidade aumenta embora aumente com uma aceleração menor.”</p> <p>A7: “Se aumentar a força de uma forma constante continuará a descer com uma velocidade constante.”</p> <p>A15:”O elevador continuará a descer com velocidade constante porque a força resultante é nula.”</p> <p>A7: “O elevador continua a descer durante algum tempo com a velocidade a diminuir até igualar ao</p>

			<p><i>peso depois volta a subir.”</i></p> <p>A15: <i>”O elevador continua a a descer com a velocidade a diminuir pois a força resultante é menor que zero e o movimento é retilíneo uniformemente retardado.”</i></p>
--	--	--	--

Tabela 6 - Conceitos-em-ação (CEA) e teoremas-em-ação (TEA) do TAC

De seguida, fez-se a classificação global das respostas dos alunos em cinco níveis, a que chamamos níveis de conceptualização. Estes cinco níveis de conceptualização foram definidos de acordo com as respostas dadas pelos alunos. A descrição de cada nível já foi apresentada no capítulo III.

A apresentação dos dados relativos a esta etapa de análise encontra-se na tabela 7, organizada por tarefas e níveis de conceptualização, onde se assinala a percentagem de alunos com respostas correspondentes a cada nível em cada tarefa.

Nível	Descrição	% de alunos							
		1	2	3	4	5	6	7	8
N ₀	Ausência de invariantes operatórios adequados à compreensão dos conceitos.	4%	4%	9%	0%	4%	26%	13%	13%
N ₁	Reconhecimento de C.E.A. e T.E.A. e explicação parcial de significados cientificamente aceitáveis de conceitos.	26%	4%	4%	9%	4%	35%	13%	22%
N ₂	Reconhecimento de C.E.A. e T.E.A. e explicação parcial de significados cientificamente aceitáveis de conceitos.	39%	30%	22%	17%	13%	17%	22%	39%
N ₃	Transição entre o reconhecimento de C.E.A. e T.E.A. e significação parcial de conceitos e a aplicação dos mesmos a situações-problemáticas.	18%	36%	17%	44%	26%	13%	35%	13%
N ₄	Reconhecimento de C.E.A. e T.E.A. e explicação de significados cientificamente aceitáveis de conceitos com a aplicação dos mesmos a situações-problemáticas.	13%	26%	48%	30%	53%	9%	17%	13%

Tabela 7 – Registo da percentagem de alunos para cada nível de conceptualização.

Podemos afirmar que, no geral, o maior nível de conceptualização alcançado seja o nível 3 que corresponde só à transição entre o reconhecimento de CEA e TEA e significado parcial de conceitos e a aplicação dos mesmos a situações-problema. Parece que o repertório de esquemas disponíveis para resolver situações-problema não é comparável aos esquemas subjacentes à conceptualização dos conceitos de álgebra vetorial e funções.

O nível 0, nível 1 e nível 4 são os três níveis mais baixos de conceptualização, os quais são consistentes com baixos valores percentuais. Isto confirma a ideia que um baixo nível de conceptualização, caracteriza-se por baixos níveis explicação de invariantes operatórios e suas representações, predominando aspetos procedimentais das operações sobre o uso de predicados de maior riqueza conceptual (Vergnaud, 1998).

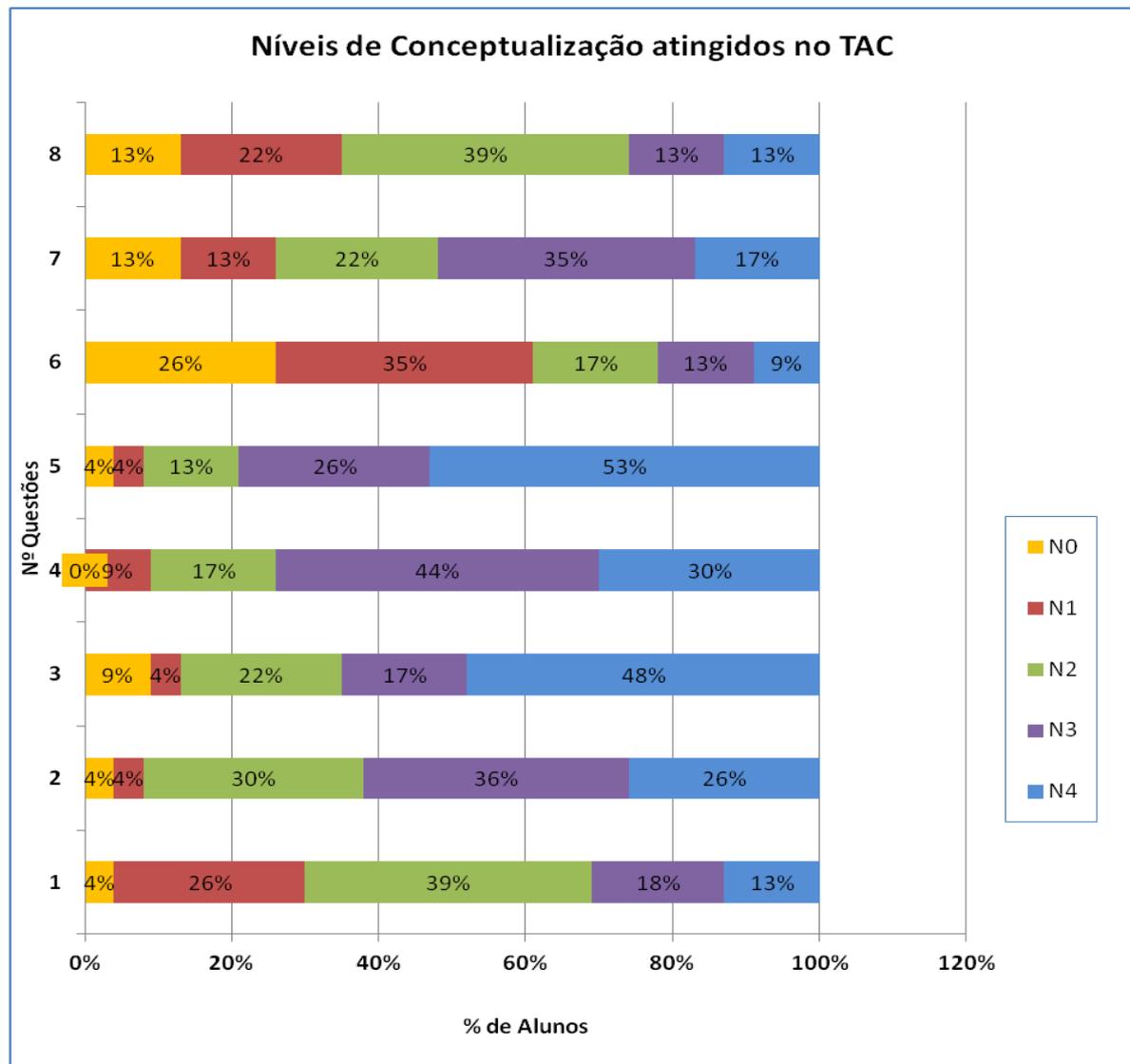


Gráfico XXVI- Níveis de concetualização atingidos em cada questão do TAC.

4.1.2. Análise Geral dos Resultados do TAC

Os resultados obtidos, com a estatística descritiva, de um modo geral mostram que a maioria dos estudantes não usa invariantes operatórios para interpretar as situações desde o conceito de força. A ausência de invariantes físicos e matemáticos do conceito de força destacam que quando os estudantes se enfrentam com uma «... questão de conflito cognitivo...» (Guisasola, 2001, 60) os resultados são muito abaixo do pretendido.

A maioria dos estudantes relaciona as situações a partir das invariantes dos conceitos de álgebra vetorial e funções, até quando não conseguem usar estas invariantes em esquemas mais gerais que o conceito de força, somente uma minoria se remete apenas aos seus esquemas para representação do conceito de força.

Outro aspeto importante a destacar, é que os estudantes obtiveram maiores níveis de conceptualização quando era necessário somente recorrer a representações geométricas comparando com o uso de representações do tipo proposicional. Quando somente a escolha englobava a representação de vetores e gráficos os valores atingidos eram mais elevados comparados com as representações de vetor e funções por equações.

No que respeita à utilização de representações linguísticas/expressão escrita os níveis de conceptualização atingidos foram mais baixos. Provavelmente isto indica o uso limitado e uma baixa disponibilidade de instrumentos de representação simbólica para dar significado às suas ações nas situações, dificultando a assimilação de conceitos de maior complexidade e abstração como por exemplo o conceito de força (Vergnaud, 1998).

Importante também será ressaltar que os conceitos não devem ser só definidos pela sua estrutura sem considerar as situações nas quais são usados e os sistemas de representação simbólica que os estudantes utilizam para pensar e escrever acerca do conceito.

No geral também podemos aferir que nenhum estudante alcançou um nível de compreensão completo de significados do campo conceptual do conceito de força.

A maioria dos estudantes alcançou níveis de compreensão insuficientes do significado de campo conceptual. O restante alcançou níveis de compreensão parcial de significados. Estes estudantes, referidos anteriormente caracterizam-se por uma

compreensão limitada de significados do campo conceptual, que representa uma ligação entre os significados científicos dos conceitos adjacentes.

É importante destacar que este Teste de Associação de Conhecimentos pode fornecer dados e informação suficientes para caracterizar os significados de Física adquiridos pelos estudantes subjacentes no processo de conceptualização e resultados da aprendizagem do campo conceptual do conceito de força.

4.2. Momento 2 – Situações-problemáticas

Neste segundo instrumento, procuraram-se desenvolver atividades com situações-problemáticas tanto teóricas como experimentais, umas abertas e outras estruturadas, relativas aos princípios de Newton, que reforçassem os conteúdos abordados nas aulas, fixando os conhecimentos adquiridos pelos alunos, tendo em conta que estes aprendem devido ao esforço que efetuam para obter respostas. Procurou-se também definir e caracterizar os invariantes operatórios manejados pelos alunos. Como consequência, foram elaborados guias de atividades sobre problemas relativos à aplicação dos princípios de Newton a casos reais.

Foi proposto aos alunos que participaram no estudo a resolução de duas fichas (anexo VII/VIII, p.285/290). A primeira ficha tinha como objetivo proceder à identificação de “operações de pensamento” dos alunos, a ficha fornecida era composta por 6 atividades, entre eles identificar o estado de um determinado objeto em diferentes situações identificar e representar forças presentes no problema, entre outras. A segunda tarefa era diferente da primeira uma vez que possuía três situações problemáticas onde podemos obter uma ordem de raciocínio por parte dos alunos. A análise pormenorizada dos resultados obtidos segue em abaixo.

4.2.1 Apresentação e Análise dos Resultados das Situações-Problemas (Parte 1)

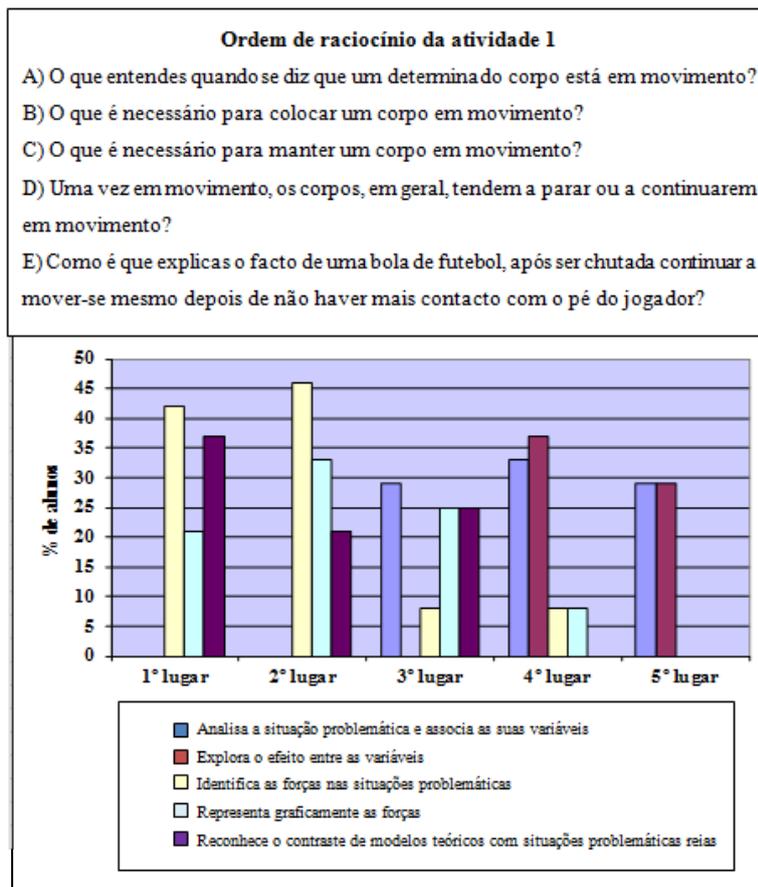


Gráfico XXVII: Ordem de raciocínio na atividade 1

A atividade 1 é relativa ao estado de movimento e repouso de um corpo. São apresentadas várias situações ao aluno, devendo este caracterizar o seu estado. Evocando a tabela 1 (anexo VIII, ver pág.290), podemos averiguar que uma parte da turma (37%) analisa a situação problemática e associa as suas variáveis como sequência primordial.

Porém, como segunda operação, 42% dos alunos identificam propriedades físicas. Isto pode dever-se ao facto de os alunos terem a necessidade de identificar as forças presentes na situação problemática. Estes resultados também podem ser verificados através da análise do gráfico XXVIII.

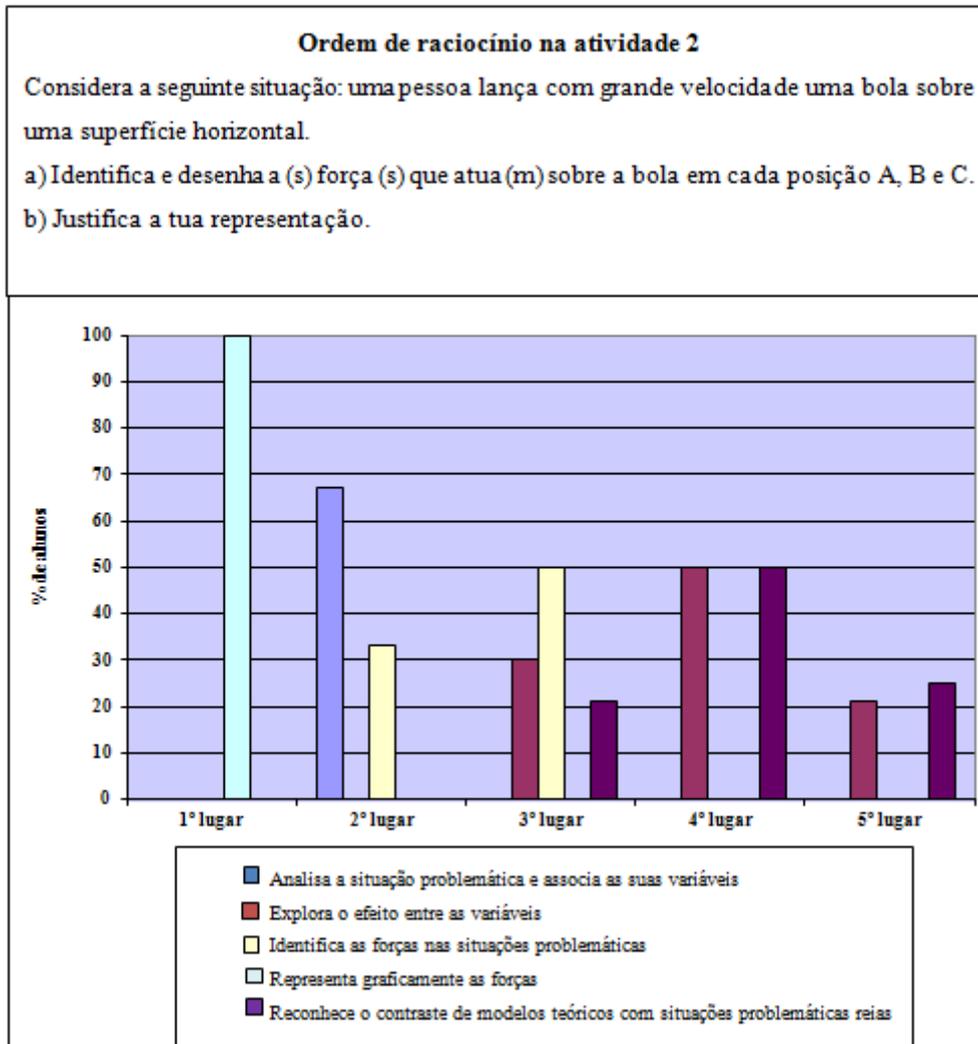


Gráfico XXVIII: Ordem de raciocínio na atividade 2

Na atividade 2 era suposto o aluno identificar e representar as forças presentes na situação-problema. Como foi previsto, a totalidade dos alunos optou primeiramente pela representação das forças antes mesmo de as identificar, o que vem a comprovar mais uma vez a dificuldade que os alunos possuem no que se refere à identificação de forças. Facilmente podemos verificar o referido anteriormente através da visualização da tabela 2 (anexo VIII, ver p.290) e do gráfico XXIX.

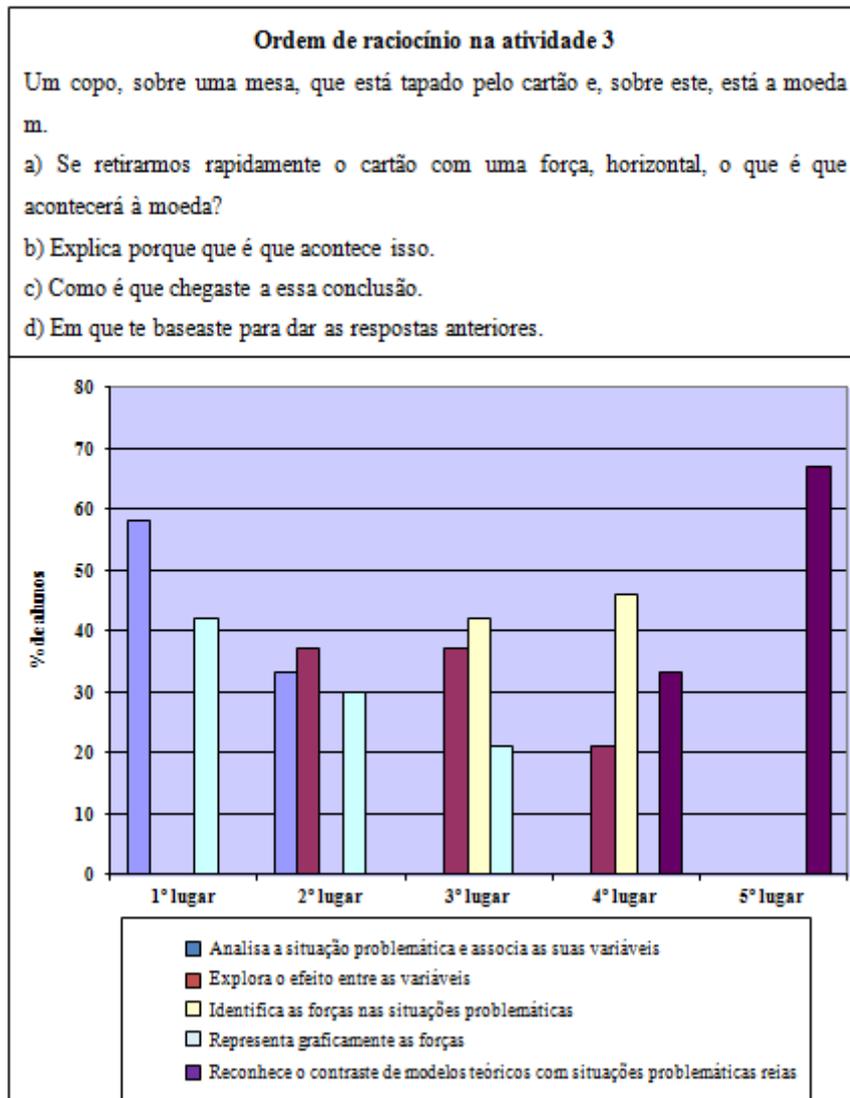


Gráfico XXIX: Ordem de raciocínio na atividade 3

Relativamente à atividade 3 é pretendido que o aluno identifique o estado de um determinado objeto em diferentes situações. Aqui, mais de metade da turma (58%) decidiu-se por analisar a situação problemática e associar as suas variáveis como primeira linha de pensamento, e 33% dos alunos como segunda linha.

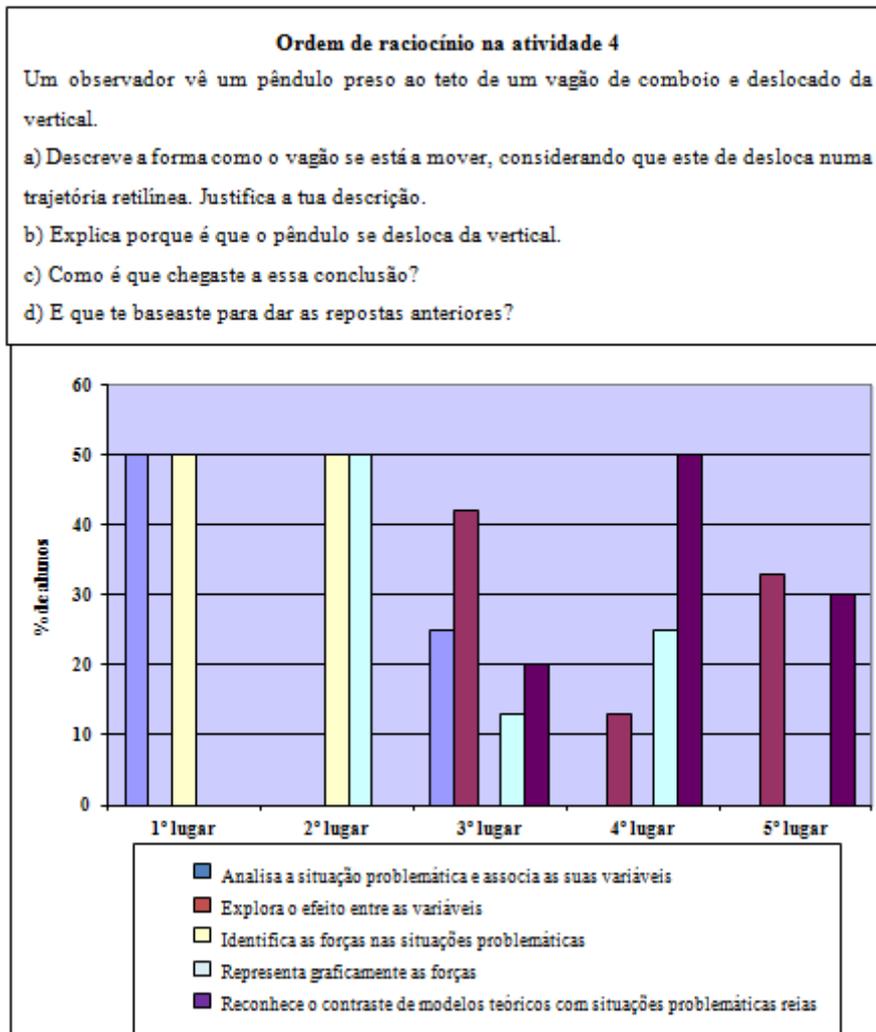


Gráfico XXX: Ordem de raciocínio na atividade 4

Na atividade 4 é solicitado ao aluno para caracterizar o estado dos objetos referidos na situação-problema. A identificação de propriedades divide-se nas duas primeiras operações do pensamento, obtendo 50% em cada uma delas. No entanto, como primeira operação, surge também a análise da situação problemática e associação das suas variáveis com 50% da turma. Por sua vez, como segunda operação surge o domínio de constantes físicas detendo 50% da turma.

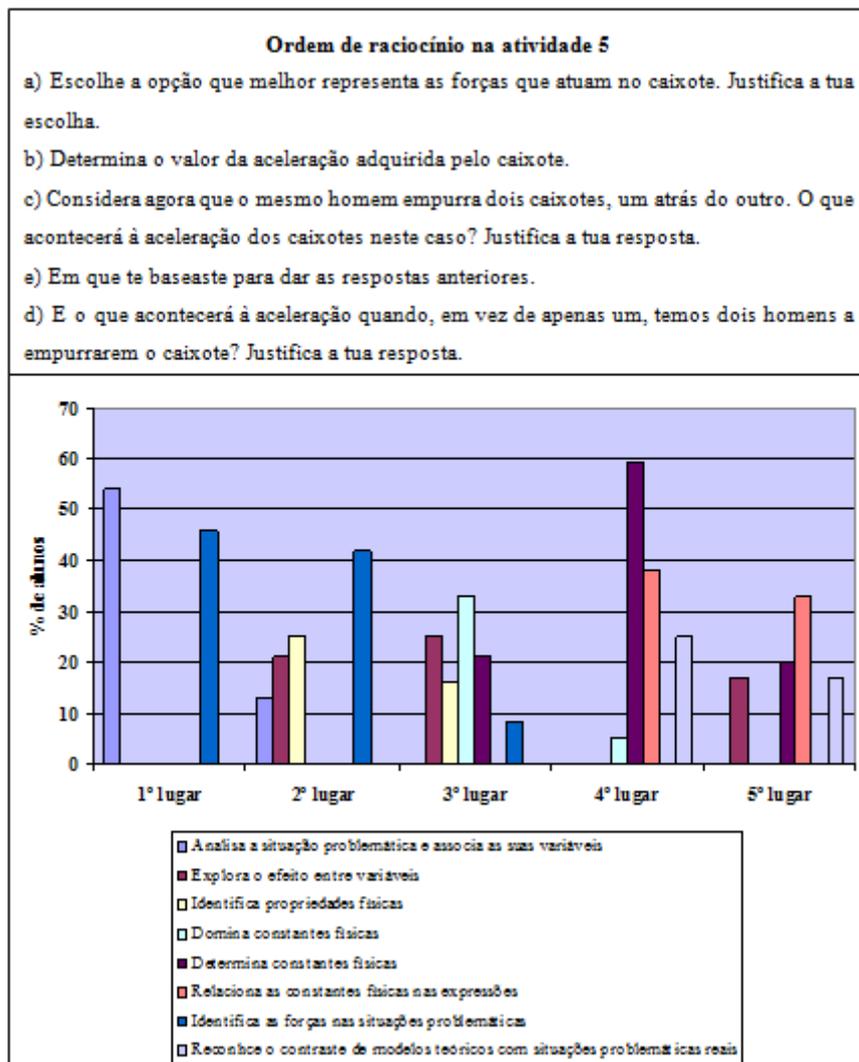


Gráfico XXXI: Ordem de raciocínio na atividade 5

No que se refere à atividade 5, o aluno teria de identificar as forças que atuavam num corpo, bem como determinar constantes físicas. Analisando a tabela 20, podemos apurar que mais de metade da turma (54%) primeiramente analisa a situação problemática e associa as suas variáveis, deixando para segunda escolha a interpretação das forças. Os alunos só determinaram as constantes físicas na sua quarta operação de raciocínio.

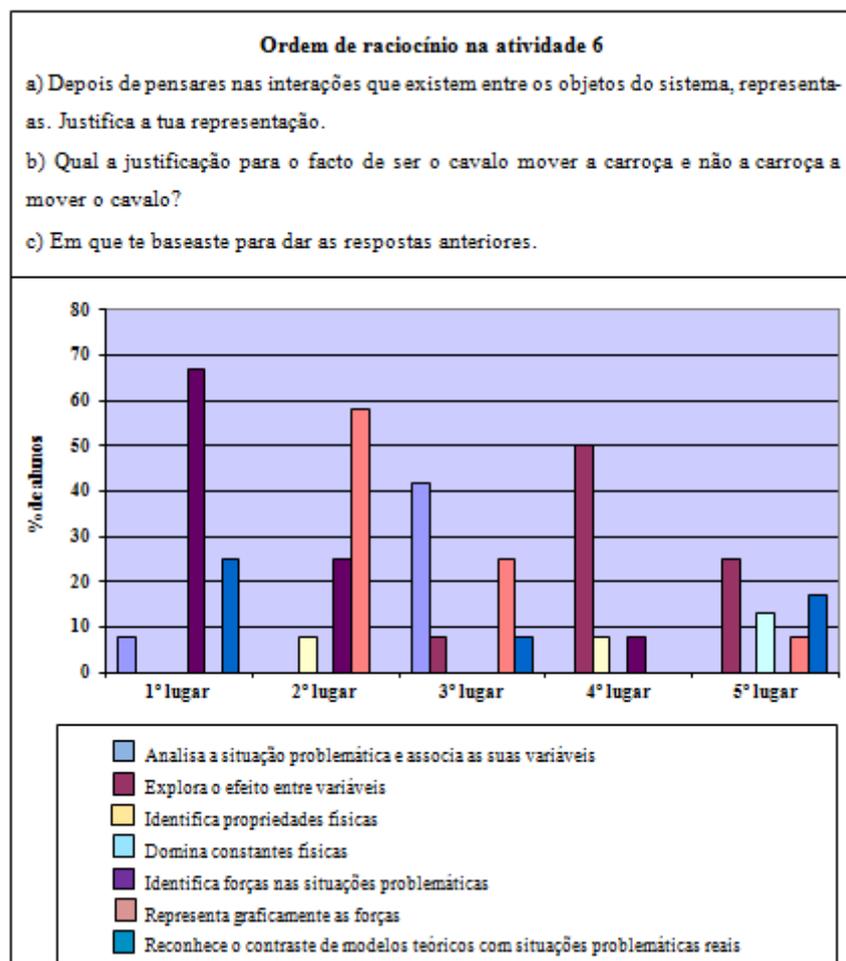


Gráfico XXXII: Ordem de raciocínio na atividade 6

Finalmente, na atividade 6 é pedido ao aluno para identificar e representar as forças na situação-problema. Obedecendo ao pretendido, uma grande percentagem da turma (67%) identificou as forças na situação problemática numa primeira linha de pensamento. Seguidamente, os alunos recorrem à representação gráfica das forças anteriormente identificadas. Os alunos revelam como terceira operação do pensamento a análise da situação problemática e associação das suas variáveis.

4.2.2 Análise Geral dos Resultados da primeira atividade proposta

Fazendo uma análise esmiuçada aos resultados apresentados no ponto anterior podemos constatar que perante situações – problema apresentadas, os estudantes ativam invariantes operatórios relacionados com o campo conceptual da mecânica newtoniana,

o que facilmente pode ser visionado nas tabelas e gráficos que se referem a todas as atividades propostas, uma vez que estas eram acompanhadas com o que era pretendido.

Os estudantes apresentam dificuldades conceptuais nos domínios teóricos, metodológicos e epistemológicos, dentro do campo conceptual em estudo, verificando-se na atividade 1 e na atividade 6, podendo-se comprovar com os resultados apresentados nas respetivas tabelas, já que os alunos não associam o que é pretendido nestas atividades, mesmo que estruturadas.

No que se refere ao facto dos alunos perante diferentes problemas efetuarem diferentes raciocínios, podemos verificar a sua veracidade através do contraste entre a atividade 2 e a atividade 5 com as respetivas tabelas. Pensamos que isto se deve ao facto dos alunos efetuarem linhas de raciocínio diferentes de acordo com o que se pretende.

Quando nos debruçamos sobre o facto de os alunos reconhecerem o contraste dos modelos teóricos com situações-problemáticas reais aferimos que, nas atividades em causa, isto raramente acontece. Aqui, os alunos estão mais empenhados em resolver a atividade do que reconhece-la através de um modelo teórico.

Perante uma situação-problemática, os alunos analisam, associam e exploram o efeito entre variáveis, tal facto é constatado nas atividades 1, 3, 4 e 5 e respetivas tabelas e gráficos. Tal facto é verificado porque constitui o desenvolver da atividade.

Relativamente aos alunos identificarem e representarem graficamente as forças, independentemente da situação-problemática apresentada, verificamos que estes só executam este procedimento quando solicitado. Facilmente observámos tal facto com a análise das tabelas e gráficos referentes à atividade 2 e 6.

Quanto ao facto dos alunos dominarem e determinarem constantes físicas só quando estas são solicitadas, podemos comprovar a sua veracidade recorrendo à atividade 5 e respetiva tabela e gráfico, porque a atividade assim o proporciona.

Por fim, verifica-se que os alunos relacionam as constantes físicas nas expressões correspondentes através da situação-problemática, constatação certificada na tabela correspondente à atividade 5, pois mais uma vez era o pretendido com a atividade.

Pensamos que para melhor compreensão do que foi relatado anteriormente, devemos apresentar uma tabela com os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação que constituem as atividades propostas, assim como as afirmações obtidas pelos alunos.

Situação	CEA	TEA	Categoria da resposta
Atividade 1	Movimento, repouso, referencial, força, resultante de forças, M.R.U., força de atrito, direção, sentido e ponto de aplicação, Lei da inércia.	<p>1. Um corpo em move-se quando as posições ocupadas por esse corpo, em relação a um determinado referencial, variam no decurso do tempo.</p> <p>2. Para que um corpo pare, inicie ou altere o seu movimento é necessário aplicar-lhe uma força.</p> <p>3. Se sobre um corpo em movimento não atuar nenhuma força, ou se a resultante das forças que sobre ele atuam for nula, ele continuará em indefinidamente em movimento retilíneo uniforme.</p> <p>4. Força de atrito é uma força de contacto, que se opõe ao movimento e que se caracteriza por possuir a mesma direção mas sentidos opostos.</p>	<p>A14: “É quando temos um referencial e um corpo e a distância entre esse referencial e o corpo se altera”.</p> <p>A10: “Alteração da posição em relação ao referencial.”</p> <p>A17: “É necessário exercer uma força no corpo”.</p> <p>A14: “É necessário aplicar uma força. Se não se aplicar uma força o corpo não se mexe, está parado”.</p> <p>A18: “Para manter um corpo em movimento é necessário aumentar a força sobre o corpo, se não ele pára. A força (aplicada) mantém-se até a força de atrito atuar sobre ele (corpo)”.</p> <p>A17: “É necessário que a força seja exercida continuamente sobre o corpo anulando a força de atrito. Tem que ter uma velocidade constante”.</p> <p>A1: “A parar, porque existe a força de atrito que é exercida no sentido oposto ao movimento.”</p> <p>A23: “A força de atrito é oposta à que exercemos”.</p> <p>A18: “Tem tendência a parar porque há a força de atrito. Esta contraria a força aplicada e vai diminuindo a velocidade.”</p> <p>A1: “A força exercida sobre a bola é maior que a força de atrito.”</p>
Atividade 2	Força, movimento, velocidade, M.R.U., resultante de forças, Lei da inércia.	<p>5. Um corpo move-se por ação de uma força a qual lhe comunica uma aceleração, com direção e sentido dessa força.</p>	<p>A4: “Em A: força de reação, é a força que a superfície exerce sobre a bola, força gravítica, é o peso, força de atrito, que faz parar a bola e F_1, força exercida pelo indivíduo sobre a bola. Em B: são as mesmas forças. Em C: força de reação e peso porque está em repouso e as duas forças anulam-se.”</p>
Atividade 3	Repouso, força, força resultante, inércia.	<p>6. Um corpo em repouso permanecerá em repouso se a força resultante que sobre ele atua for nula.</p>	<p>A20: “A moeda cai porque a força de reação é menor que o peso”.</p> <p>A24: “A moeda não vai com o cartão porque estamos a exercer a força só no cartão”.</p> <p>A11: “Por causa da inércia, que é a resistência que um corpo tem à alteração do seu estado de movimento ou repouso”.</p> <p>A10: “A força que está a ser exercida no cartão não está a ser exercida na moeda.”</p> <p>A17: “A moeda tende a ficar em repouso porque a força não é aplicada na moeda, é só no cartão”.</p> <p>A6: “Porque para um corpo se movimentar é preciso aplicar uma</p>

			<p><i>força sobre esse corpo. Se não foi aplicada nenhuma força à moeda, ela ficou parada.”</i></p> <p>A8: <i>“Lei da inércia. Um corpo permanecerá em repouso se não se lhe aplicar nenhuma força.”</i></p>
Atividade 4	Repouso, movimento, inércia, força.	7. A inércia é característica de todos os corpos, e define-se como a resistência que os corpos apresentam em modificar o seu estado de repouso ou movimento.	<p>A7: <i>“Quando o vagão se desloca de A para B é-lhe aplicada uma força, só que essa força não é aplicada no pêndulo, por isso o pêndulo quer ficar no mesmo sítio quando o vagão se desloca”.</i></p> <p>A4: <i>“Porque a força aplicada no vagão não é aplicada no pêndulo e este quer continuar em repouso”.</i></p> <p>A7: <i>“Porque o pêndulo queria continuar em repouso quando o vagão se desloca”.</i></p> <p>A7: <i>“Inércia de um corpo: resistência que os corpos apresentam à alteração do movimento ou repouso”.</i></p>
Atividade 5	Força, movimento, velocidade, aceleração, massa, M.R.U., força resultante, direção, sentido, ponto de aplicação, intensidade da força, constante de proporcionalidade, Lei Fundamental da Dinâmica.	8. A intensidade da força e a aceleração são duas grandezas diretamente proporcionais. A aceleração e a massa são duas grandezas inversamente proporcionais.	<p>A11: <i>“Opção a). Temos o peso e a normal que se anulam porque têm a mesma intensidade e a força que o homem exerce sobre o corpo, que é maior que a força de atrito, por isso o corpo está a movimentar-se.”</i></p> <p>A4: <i>“Opção a). Estão representadas a força de reação e o peso, que acabam por se anular porque têm a mesma intensidade, F que é a força exercida pelo homem sobre o corpo e a força de atrito. F é maior que a força de atrito porque o corpo está a mover-se.”</i></p> <p>A22: <i>“A aceleração diminui porque a lei fundamental pela dinâmica à medida que a massa aumenta a aceleração diminui. A massa e a aceleração são inversamente proporcionais”.</i></p> <p>A1: <i>“A aceleração diminui porque a massa aumenta e a força exercida é igual. A aceleração e a massa são inversamente proporcionais.”</i></p> <p>A13: <i>“A aceleração aumenta porque a força exercida é maior, à medida que a força aumenta a aceleração aumenta, são diretamente proporcionais.”</i></p> <p>A11: <i>“A aceleração aumenta porque a força exercida pelos dois homens é maior do que se fosse só um homem. Quanto maior é a força maior é a aceleração, são diretamente proporcionais.”</i></p> <p>A16: <i>“Baseei-me na 2ª Lei de Newton. $\vec{F} = m \times \vec{a}$.”</i></p>

			A22: “Baseei-me na 2ª Lei de Newton. Diz que à medida que a massa aumenta a aceleração diminui e à medida que a força aumenta a aceleração também aumenta.”
Atividade 6	Força, movimento, par ação-reação, direção, sentido, intensidade da força, ponto de aplicação, Lei da ação-reação.	9. Duas forças que interatuam, constituem um par ação-reação. 10. Quando um corpo A exerce uma força sobre o corpo B, este também exerce uma força o corpo A, com a mesma direção e a mesma intensidade, mas em sentidos opostos.	A11: “Temos um par ação-reação, a força que a carroça exerce sobre o cavalo, tem sentido da direita para a esquerda e é aplicada no cavalo. A outra é a força que o cavalo exerce sobre a carroça, tem sentido da esquerda para a direita e é aplicada na carroça ” A7: “O cavalo exerce sobre a carroça a mesma força que a carroça exerce sobre o cavalo, em sentidos opostos e pontos de aplicação diferentes.” A13: “O cavalo exerce uma força sobre a carroça e a carroça exerce uma força sobre o cavalo. O cavalo exerce uma força sobre o solo e o solo exerce uma força sobre o cavalo. A carroça exerce uma força sobre o solo e o solo exerce uma força sobre a carroça. ” A11: “É porque a força que o cavalo exerce sobre o solo é maior que a força que a carroça exerce sobre o solo.” A7: “A força de atrito da carroça é maior que a força de atrito do cavalo.” A13: “Baseei-me na 3ª Lei de Newton.”

Tabela 8: Conceitos-em-ação (CEA) e teoremas-em-ação (TEA) identificados pelos alunos, perante as situações-problema, propostas nas atividades.

4.2.3 Apresentação e Análise dos Resultados das Situações-Problemáticas (Parte2)

Nesta ficha de atividades (Anexo VI, p.284), possuímos 3 situações físicas. Em que cada situação física os alunos têm que realizar sete tarefas distintas, entre elas a apresentação do problema, a previsão, experimentação, esquema explicativo e de previsão, nova experimentação, reformulação do esquema explicativo e alargar o campo de aplicação do esquema explicativo e de previsão. Na tabela 9, identificamos e descrevemos estas tarefas e a percentagem de alunos para cada tarefa.

Constatamos que a tarefa 1 (Apresentação do problema), a tarefa 3 (Experimentação) e a tarefa 5 (Nova experimentação), foram as tarefas mais fáceis para os alunos, registando 100% para todas as tarefas.

Na tarefa 2 (Previsão) é solicitado aos alunos que façam uma previsão dos problemas e expliquem o seu raciocínio. Esta tarefa apresenta percentagens significativas em todas as situações físicas, revelando que a maioria dos alunos consegue prever os problemas e explicar sustentadamente o seu raciocínio.

Relativamente à tarefa 4 (Esquema explicativo e de previsão) é necessário que os alunos façam uma exposição – contendo esquemas, diagramas e relações entre as grandezas - em que expliquem os resultados experimentais obtidos. Mais de metade dos alunos conseguiu explicar os resultados experimentais, em todas as situações.

Tarefa	Descrição	% de alunos		
		Situação 1	Situação 2	Situação 3
1	Apresentação do problema	100%	100%	100%
2	Previsão	86%	91%	83%
3	Experimentação	100%	100%	100%
4	Esquema explicativo e de previsão	64%	84%	58%
5	Nova experimentação	100%	100%	100%
6	Reformulação do esquema explicativo	45%	49%	38%
7	Alargar o campo de aplicação do esquema explicativo e de previsão	28%	31%	65%

Tabela 9 - Registo da percentagem de alunos que concretizam cada tarefa

Relativamente à tarefa 6 (Reformulação do esquema explicativo) os alunos, face aos resultados experimentais, têm de analisar o esquema e reformular o que for necessário, verificando a possibilidade de novas previsões. Nesta tarefa verificaram-se

dificuldades, por parte dos alunos, uma vez que menos de metade consegue reformular o próprio esquema explicativo.

Por fim, a tarefa 7 (Alargar o campo de aplicação do esquema explicativo e de previsão), consiste em que o aluno indique e explique uma outra situação em que se possa utilizar o esquema que ele próprio construiu. Esta tarefa foi a que os alunos tiveram mais dificuldades, apresentado baixas percentagens em todas as situações. Constatou-se que é bastante difícil para os alunos alargar o seu esquema explicativo, aplicando-o a outras situações diferentes.

No seguimento da análise anterior, registamos e categorizamos as respostas dos alunos, perante as tarefas e as situações problemáticas que lhes foram apresentadas, com a seguinte denominação: *cientificamente aceite*, *incompleta*, *não cientificamente aceite* e *não responde* (tabela 10).

Efetuada uma análise global, podemos verificar que o nível atingido, pelas respostas dos alunos, foi insatisfatório. A categoria de resposta *incompleta* é a que regista maior percentagem de respostas, seguidamente da categoria *cientificamente aceite*. Isto significa que à maioria dos alunos falta conhecimento dos conceitos, de modo a conseguirem elaborar respostas completas.

Curiosamente apenas 9 % (Situação II) dos alunos tinham respostas *não cientificamente aceites*. Relativamente aos alunos que não responderam a qualquer tarefa e situação-problemática, representam quase 20%.

Categoria das respostas	Situação física	Percentagem de alunos
Cientificamente aceite	I	48 %
	II	22 %
	III	40 %
Incompleta	I	35 %
	II	56 %
	III	43 %
Não cientificamente aceite	I	0 %
	II	9 %
	III	0 %
Não responde	I	17 %
	II	13 %
	III	17 %

Tabela 10 - Resultados dos alunos nas atividades

Podemos constatar que a situação física I é a que possui maior número de respostas cientificamente aceites (48%). Na situação II verifica-se o maior número de respostas incompletas (56%) e também de respostas não cientificamente aceites (9%). Ambas com 17%, as situações físicas I e III foram às quais os alunos não responderam.

De seguida apresenta-se uma análise mais específica.

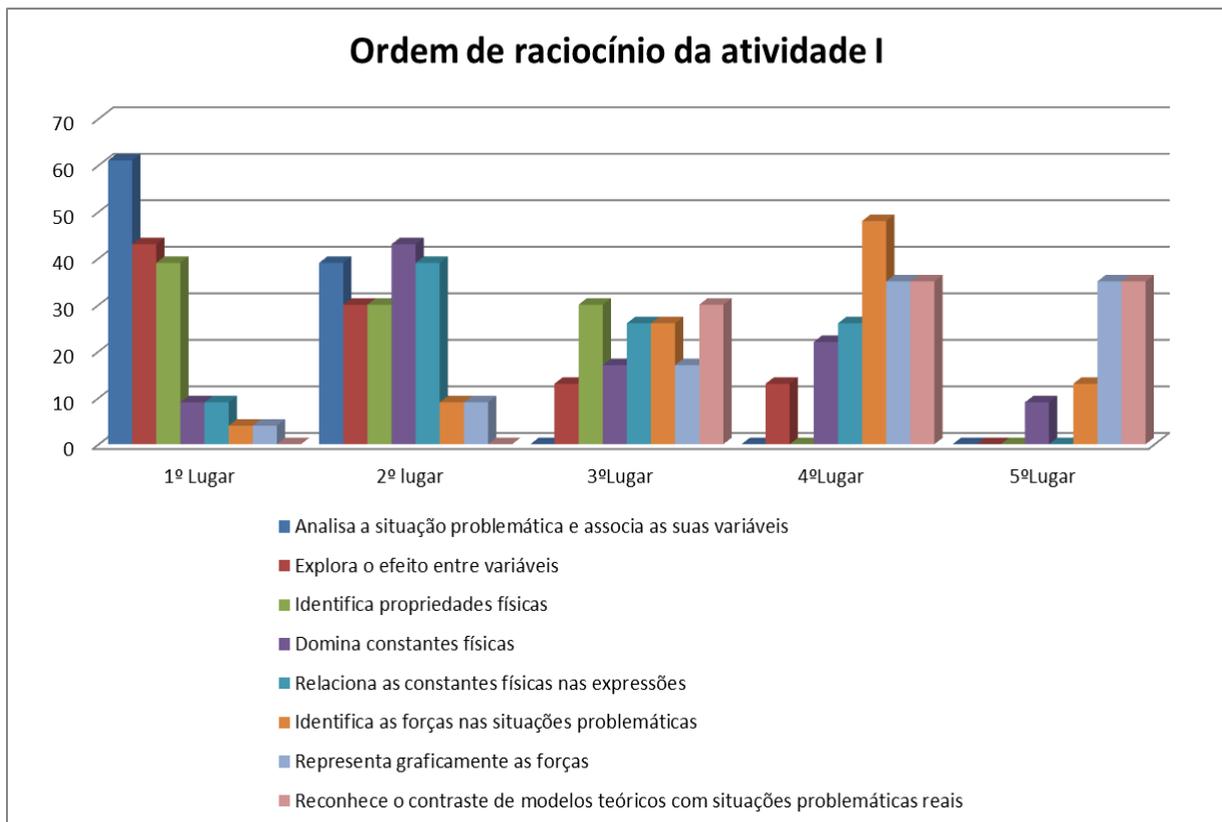


Gráfico XXXIII: Ordem de raciocínio da atividade 1

Na primeira atividade proposta e analisando a tabela 1 do anexo VII (p.285) verificou-se que uma grande parte dos alunos, cerca de 61%, analisou a situação problemática e associam as suas variáveis em primeiro lugar. Cerca de 43% exploram o efeito entre variáveis em primeiro lugar. Uma pequena parte dos alunos identifica as propriedades físicas cerca de 39% identifica em primeiro lugar. Os restantes nem identificam sequer.

Mais de metade dos alunos não domina as constantes físicas e cerca de 45% fazem-no em segundo lugar. Apenas 39% relaciona as constantes físicas nas expressões após algumas tentativas e mesmo assim faziam em segundo lugar e os restantes depois disso.

A identificação das forças nas situações problemáticas foi feito numa fase posterior, cerca de 48% apenas identificou em quarto lugar, sendo que uma percentagem muito pequena cerca de 4% representou em primeiro lugar, graficamente as forças. A maioria não reconheceu o contraste de modelos teóricos com situações problemáticas reais ou então fê-lo tardiamente.

Nesta tarefa foi pedido ao aluno que formula-se uma resposta indicando o raciocínio por si efetuado.

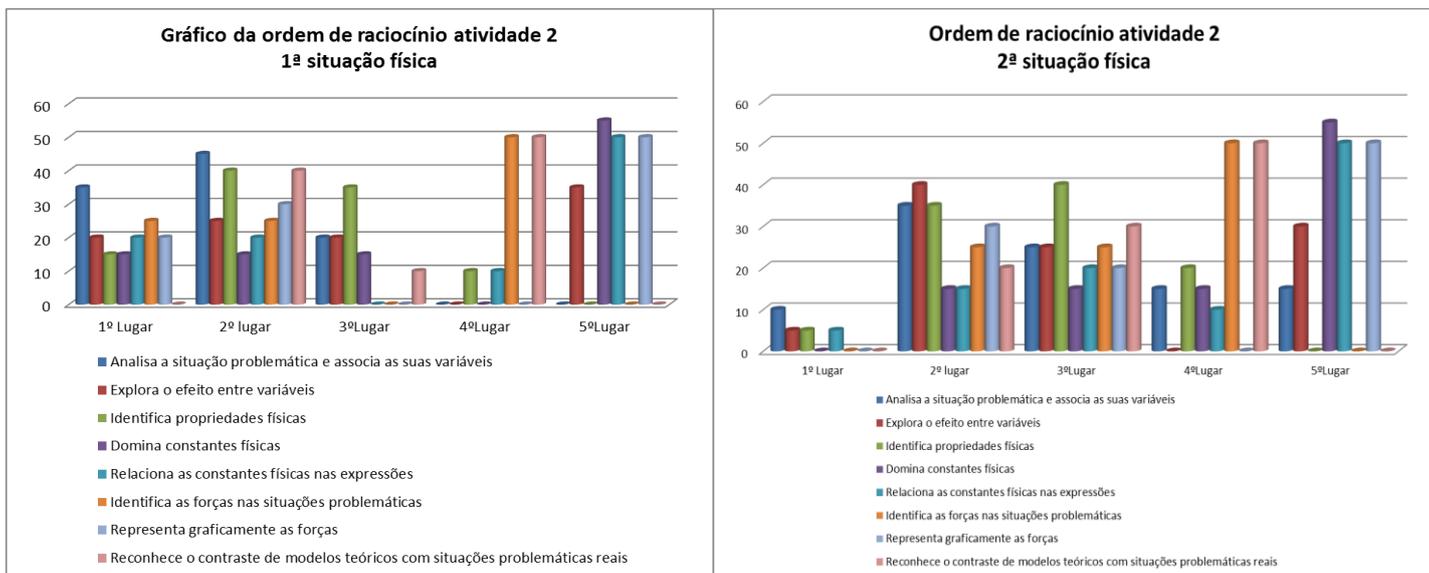


Gráfico XXXIV: Ordem de raciocínio da atividade 2 1ºsituação Física

Gráfico XXXV: Ordem de raciocínio da atividade 2 2ºsituação Física

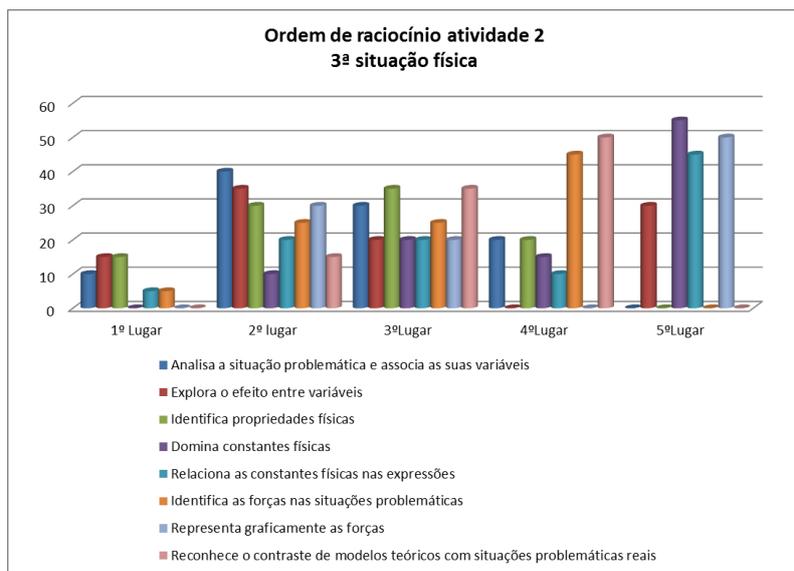


Gráfico XXXVI: Ordem de raciocínio da atividade 2 3ºsituação Física

Após a análise da tabela dois, três e quatro do anexo VII (p.285) constata-se que, nas três situações físicas os alunos só posteriormente analisam a situação problemática e associam as suas variáveis, na primeira situação física foi cerca de 45%, na segunda 40% e na terceira 35%.

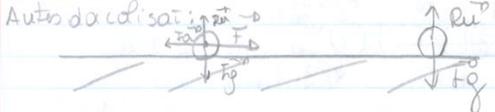
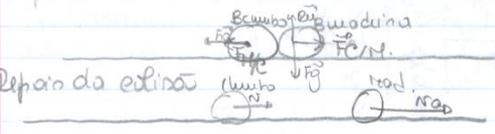
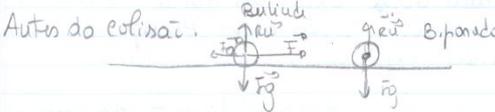
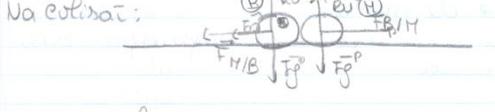
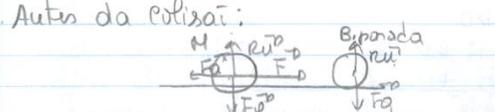
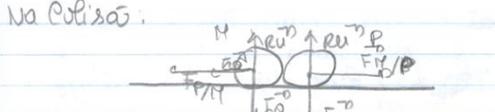
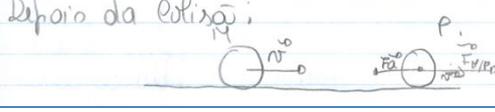
Explora o efeito entre variáveis maioritariamente em segundo lugar, cerca de 35% explorou em quinto lugar na primeira situação física. Na segunda e terceira situação física já exploraram mais cedo, cerca de 40% fê-lo nessa altura.

Uma boa parte dos alunos identifica as propriedades físicas em segundo lugar nos três ensaios foram cerca de 35% a 40%. Os restantes nem a identificam.

Mais de metade dos alunos não domina as constantes físicas cerca de 50% nem faziam referência a elas.

De seguida foram também registadas e analisadas as respostas, para as três situações físicas, segundo outras cinco categorias de análise como a - classificação, expressão escrita, representação, operação e resolução - que são apresentadas nas tabelas seguintes (11, 12, 13). O objetivo desta categorização foi o de caracterizar as relações de conhecimento entre a realidade das situações e as respostas dos alunos, por forma a caracterizar alguns dos invariantes operatórios ativados pelos alunos, quando lhes são atribuídas determinadas tarefas.

Categorias de análise	Descrição	Categoria das repostas
		Situação física I
Classificação	Reconhecer e identificar grandezas físicas.	A6: “movimento”; A5: “repouso”; A7: “peso, reação normal”; A15: “resultante de forças, inércia”; A13: “velocidade”; A3: “aceleração”; A22: “força de atrito”; A15: “par ação-reação”.
Expressão escrita	Apresentar expressões escritas cientificamente corretas que definem atributos ou propriedades dos conceitos, usadas para explicar classificações ou justificar respostas apresentadas nas situações.	A11: “A bola que estava inicialmente parada, após o choque com outra bola, entra em movimento com uma determinada velocidade.” A15: “A velocidade das bolas que chocam depende da massa das bolas. Quanto maior for a massa das bolas maior é a sua inércia, isto é, maior é a sua resistência à mudança de velocidade. Além disso, quanto maior é a massa, maior é a força de atrito e, conseqüentemente, menor será a velocidade adquirida pelas bolas.” A3: “O aspeto que pode tornar menor a variação da velocidade é a massa da bola que colide. Uma vez que a força imprimida à bola é sempre a mesma, a velocidade depende da aceleração, segundo a 2ª Lei de Newton ($\vec{F} = m \times \vec{a}; \vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$). Assim, a bola de chumbo, que é a que possui maior massa, é a que tem uma menor variação da velocidade, enquanto a de

		<p>madeira, com massa menor, é a que tem maior variação da velocidade.”</p> <p>A9: “A velocidade da bola inicialmente parada será tanto menor quanto menor for a velocidade da bola que embate nela.”</p>
<p>Representação</p>	<p>Utilizar e identificar invariantes que se relacionam com o conjunto de representações simbólicas que representam o significado dos conceitos.</p>	<p>A15:</p> <p>① Bola Chumbo</p> <p>Antes da colisão: </p> <p>Na colisão: </p> <p>Depois da colisão: </p> <hr/> <p>② Bola de Bêise</p> <p>Antes da colisão: </p> <p>Na colisão: </p> <p>Após a colisão: </p> <hr/> <p>③ Bola de Madrugada</p> <p>Antes da colisão: </p> <p>Na colisão: </p> <p>Depois da colisão: </p> <p>A3:</p>

Operação	<p>Utilizar e identificar invariantes a partir de procedimentos usados nas situações, isto é, conhecer e aplicar operações, propriedades e representações simbólicas associadas aos conceitos.</p>	<p>A3: “Após a colisão, a bola inicialmente parada ($v_{inicial} = 0$) ganha velocidade ($v > 0$), enquanto que a bola que colide com esta diminui a velocidade ($v_{inicial} < v_{final}$).”</p> <p>A13: “O que vai variar a velocidade da bola parada é a massa da bola que colide com ela. No caso da bola de chumbo, com é a que tem maior massa, vai fazer com que a bola inicialmente parada se movimente com menor velocidade. Exemplificação: Numa distância de 68 cm = 0,68 m A bola de chumbo ($m = 63,77g$) demora 1s e 72ms a percorrer 68 cm, logo, a sua velocidade é 0,39 m/s. A bola de berlinde ($m = 19,69g$) demora 88ms a percorrer 68 cm, logo, a sua velocidade é 7,72 m/s. A bola de madeira ($m = 7,19g$) demora 62ms a percorrer 68 cm, logo, a sua velocidade é 10,96 m/s.”</p>
Resolução	<p>Possuir disponibilidade conceptual em termos de propriedades, relações e transformações cientificamente corretas dos conceitos na resolução de problemas, como manifestação do uso de invariantes e representações simbólicas dos conceitos de acordo com as soluções de um problema.</p>	<p>A10: “No bilhar as bolas têm a mesma massa. Neste caso, o que varia é a força imprimida às bolas, já que a massa é constante. Da expressão $\vec{F}r = m \times \vec{a}$ vem que $\vec{a} = \frac{\vec{F}r}{m}$, assim, verifica-se que quanto maior for a força imprimida, maior será a aceleração adquirida pela bola que se encontrava em repouso.”</p> <p>A5: “Jogar aos berlinde: Nesta situação a massa dos berlinde varia (já que estes têm tamanhos diferentes) e a força é constante. Assim, pela expressão $\vec{F}r = m \times \vec{a}$ vem que $\vec{a} = \frac{\vec{F}r}{m}$, concluímos que quanto maior for o tamanho do berlinde lançado, e conseqüentemente a sua massa, menor será a aceleração adquirida pelo berlinde que se encontrava em repouso, para uma força constante.”</p>

Tabela 11 - Categorias de análise das respostas dos alunos

Tal como foi referido anteriormente apresentam-se na tabela seguinte, as categorias de resposta, dadas pelos sujeitos da amostra à situação física II. Análise, esta, feita em função das pré definidas categorias de análise.

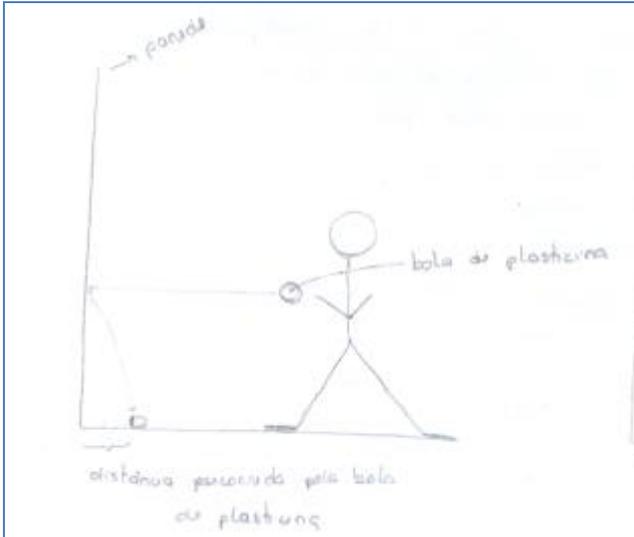
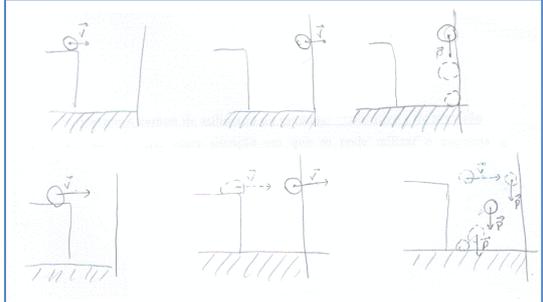
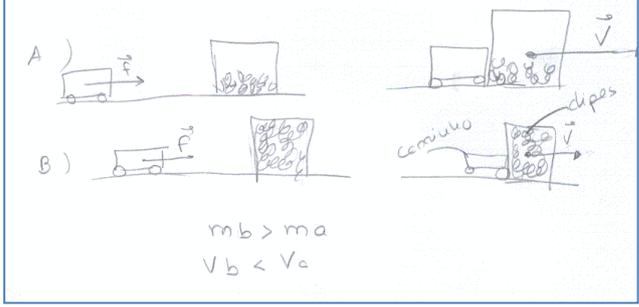
Categorias de análise	Descrição	Categoria das repostas
Classificação	Reconhecer e identificar grandezas físicas.	Situação física II A23: “movimento”; A9: “par ação-reação”; A10: “força”; A23: “peso”; A22: “velocidade de lançamento”; A11: “sentido”, direção”
Expressão escrita	Apresentar expressões escritas cientificamente corretas que definem atributos ou propriedades dos conceitos, usadas para explicar classificações ou justificar respostas apresentadas nas situações.	A11: “A plasticina é um material facilmente deformável, portanto, quando fazemos uma bola deste material e a lançamos contra a parede, esta deforma-se e cai relativamente perto desta. Isto acontece porque quando a bola embate na parede, esta exerce sobre a bola uma força igual, mas em sentido contrário à que a bola exerce sobre a parede. A aplicação desta força resulta na deformação da bola de plasticina. Este facto pode ser comprovado com a 3ª Lei de Newton.” A23: “A bola de plasticina ao ser atirada para a parede cai com movimento vertical, isto acontece devido ao peso ou força gravítica da bola.”
Representação	Utilizar e identificar invariantes que se relacionam com o conjunto de representações simbólicas que representam o significado dos conceitos.	A12: 
Operação	Utilizar e identificar invariantes a partir de procedimentos usados nas situações, isto é, conhecer e aplicar operações, propriedades e representações simbólicas associadas aos conceitos.	A9: “A bola ficará a uma maior distância da parede quanto maior for a força aplicada na bola no lançamento, logo, maior será a força com que esta bate na parede.” A22: 
Resolução	Possuir disponibilidade conceptual em termos de propriedades, relações e transformações cientificamente corretas dos conceitos na resolução de problemas, como manifestação do uso de invariantes e representações simbólicas dos conceitos de acordo com as soluções de um problema.	A6: “A bola fica a uma pequena distância da parede se a esta for imprimida uma menor força, logo, uma menor velocidade de lançamento. Sendo neste caso a força que a parede exerce sobre a bola, durante o impacto, menor.” “Se a velocidade de lançamento for maior, a força que a parede vai exercer na bola vai ser superior caindo esta mais longe da parede.”

Tabela 12 - Categorias das repostas na Situação Física II

No que respeita à situação física III, usando a mesma metodologia das situações descritas anteriormente, apresentam-se, na tabela 13 a análise feita para esta situação.

Categorias de análise	Descrição	Categoria das repostas
		Situação física III
Classificação	Reconhecer e identificar grandezas físicas.	A18: “movimento”, A12: “repouso”, A23: “peso”, A17: “força normal”, A19: “velocidade”, A15: “aceleração”, A6: “força de atrito”, A15: “direção, sentido e ponto de aplicação, Lei fundamental da dinâmica”; A20: “par ação-reação”.
Expressão escrita	Apresentar expressões escritas cientificamente corretas que definem atributos ou propriedades dos conceitos, usadas para explicar classificações ou justificar respostas apresentadas nas situações.	<p>A15: “Quando o carrinho entra em movimento adquire uma determinada velocidade e, conseqüentemente, uma determinada aceleração. Durante o seu movimento as únicas forças que a atuar no carrinho são: a força gravítica, a reação normal, a força de atrito e a força aplicado no carrinho.”</p> <p>“A força que o carrinho exerce na caixa determina o movimento da caixa, pois esta adquire uma determinada velocidade. Inicialmente o seu movimento é uniformemente acelerado passando depois a uniformemente retardado até que pára. A força que a caixa exerce no carrinho tem sentido contrário ao movimento, pelo que, depois do choque, o movimento do carrinho é uniformemente retardado, a velocidade diminui, até que este acaba por parar.”</p> <p>A19: “Depois de bater na caixa de clips a velocidade do carrinho vai diminuir, acabando por parar. Isto acontece porque quando o carrinho bate na caixa de clips esta vai exercer sobre o carrinho uma força de igual módulo e direção mas sentido oposto à que o carrinho exerce sobre a caixa de clips. Estes dois corpos, carrinho e caixa de clips, constituem um par ação-reação pois, segundo a 3ª Lei de Newton, quando um corpo exerce uma força sobre outro, este exerce também sobre o primeiro uma força de igual módulo e direção mas sentido oposto.”</p> <p>A2: “Depois de bater na caixa de clips a velocidade do carrinho diminui. Esta diminuição de velocidade é variável de acordo com o número de clips. Quanto maior o número de clips na caixa, maior a diminuição da velocidade e, conseqüentemente menor é a aceleração.”</p> <p>A15: “Neste caso, com o aumento do número de clips a massa da caixa aumenta, pelo que podemos dizer que a inércia do corpo é maior, isto é, oferece maior resistência às variações de velocidade.”</p> <p>A6: “Quanto mais clips tiver a caixa menor vai ser movimento porque a força de atrito é maior, visto que esta aumenta com o aumento da massa do corpo. Um corpo com mais massa tem uma maior resistência ao movimento.”</p>
Representação	Utilizar e identificar invariantes que se relacionam com o conjunto de representações simbólicas que representam o significado dos conceitos.	A22:

		 <p>A) $m_b > m_a$ $v_b < v_a$</p> <p>B) $m_b > m_a$ $v_b < v_a$</p> <p>caixa com clips</p> <p>1. $F_{a1} < F_{a1}$</p> <p>2. $F = F$ $v_1 > v_2$</p> <p>3.</p>
<p>Operação</p>	<p>Utilizar e identificar invariantes a partir de procedimentos usados nas situações, isto é, conhecer e aplicar operações, propriedades e representações simbólicas associadas aos conceitos.</p>	<p>A1:</p> <p>fase 4:</p> <p>caixa com todos os clips: $m_{caixa} = 24g$</p> <p>$\Delta t = t_f - t_0 = 0,45s$ $d = 0,3m$ $v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{0,3}{0,45} \approx 0,67 m/s$</p> <p>caixa com 3 clips:</p> <p>$m_{caixa} = 9g$ $\Delta t = t_f - t_0 = 0,25s$ $d = 0,3m$ $v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{0,3}{0,25} \approx 1,2 m/s$</p> <p>A11: “A massa da caixa é diretamente proporcional ao número de clips, ou seja, quanto mais clips tiver a caixa maior é a sua massa, e quanto menos clips tiver menor é a sua massa...atendendo à variação da massa da caixa e à velocidade, estas são inversamente proporcionais. Isto significa que quanto maior for a massa da caixa (maior nº de clips) menor é a velocidade do carrinho e quanto menor é a massa da caixa (menor nº de clips) a velocidade do carrinho é maior.”</p> <p>A15: “A velocidade adquirida pela caixa depende da sua $\vec{F}r$ uma vez que $\vec{F}r = \vec{F} \text{ carrinho/caixa} - \vec{F}a$. Assim, fazendo variar a nº de clips da caixa, a sua massa e a $\vec{F}a$ variam também, consequentemente a velocidade adquirida varia também. ”</p> <p>“Se aumentarmos o nº de clips a massa e a $\vec{F}a$ aumentam. De acordo com a 2ª Lei de Newton a massa e a aceleração</p>

		<i>são inversamente proporcionais, pelo que a velocidade da caixa será menor.”</i>
Resolução	Possuir disponibilidade conceptual em termos de propriedades, relações e transformações cientificamente corretas dos conceitos na resolução de problemas, como manifestação do uso de invariantes e representações simbólicas dos conceitos de acordo com as soluções de um problema.	A15: <i>“Jogo dos berlindes: se a massa dos berlindes variar e a força aplicada for constante, quanto maior for a massa menor será a aceleração e a velocidade adquirida pelo berlinde pois, pela 2ª lei de Newton, a massa e a aceleração são inversamente proporcionais.”</i>

Tabela 13 - Categorias das respostas na Situação Física III

De acordo com a definição da categoria da Classificação, os resultados descrevem a presença da classificação de acordo com o conceito-em-ação. Os resultados parecem sugerir que os esquemas dos alunos contêm significados científicos iniciais dos conceitos. Contudo, também se observa uma menor assimilação dos mesmos.

Os resultados que se remetem à Expressão Escrita representam a presença de expressões escritas com definições corretas de força, usadas pelos alunos para tentar explicar as classificações descritas anteriormente. Porém, só um pequeno número de alunos realiza a definição correta na sua expressão escrita. Os resultados desta categoria podem ser interpretados como um indicador das dificuldades que aumentam em situações que exigem uma conceptualização maior (Vergnaud, 1998). Isto explicaria os resultados obtidos nos itens que se referem a explicação e compreensão das representações simbólicas do conceito de força em relação aos resultados obtidos que se remetem à explicação de características da força.

Já os resultados da categoria referente à “Representação” descrevem o uso de representações simbólicas e gráficas de conceitos matemáticos e físicos associados ao conceito de força. Estes resultados podem ir de encontro à Teoria de Vergnaud (1998) que enfatiza a aparição de dificuldades na explicitação de significados dos conceitos mediante o uso de representações simbólicas e de linguagem em situações que exigem uma maior conceptualização.

De seguida, a tabela 14 e o gráfico XXXVII, descrevem os níveis de conceptualização e apresenta as respetivas percentagens, atingidos pelos alunos, em cada situação física.

Nível	Descrição	% de alunos		
		Situação física I	Situação física II	Situação física III
N ₀	Ausência de relacionamento entre conteúdos matemáticos e físicos adequados à compreensão dos conceitos.	17%	13%	17%
N ₁	Reconhecimento de conteúdos matemáticos e físicos sem explicação de significados cientificamente aceitáveis de conceitos.	4%	8%	4%
N ₂	Reconhecimento de conteúdos matemáticos e físicos e explicação parcial de significados cientificamente aceitáveis de conceitos.	22%	22%	13%
N ₃	Transição entre o reconhecimento de conteúdos matemáticos e físicos e significação parcial de conceitos cientificamente aceitáveis com aplicação dos mesmos a situações-problemáticas.	22%	22%	40%
N ₄	Reconhecimento de conteúdos matemáticos e físicos e explicação de significados cientificamente aceitáveis de conceitos com a aplicação dos mesmos a situações-problemáticas.	35%	35%	26%

Tabela 14 - Registo da percentagem de alunos para cada nível de conceptualização, no relacionamento dos conteúdos matemáticos com os conteúdos físicos

Podemos desde já inferir que a maior percentagem das respostas apresentadas pelos alunos estão contidas no nível de conceptualização N4. Neste nível as respostas dos alunos comprovam que conseguem reconhecer conteúdos matemáticos e físicos e explicar os significados cientificamente aceitáveis de conceitos, aplicando os mesmos a situações -problemáticas, e portanto, os alunos aplicam os conceitos e os teoremas na resolução de problemas.

Efetuada uma análise mais detalhada, podemos verificar na tabela acima e no gráfico XXXVII, a seguir, a obtenção de respostas correspondentes a todos os níveis de conceptualização. Numa análise geral, o N1 apresenta a menor percentagem de alunos (4%) e o N4 a maior percentagem (35%), seguido do N3 com 22%.

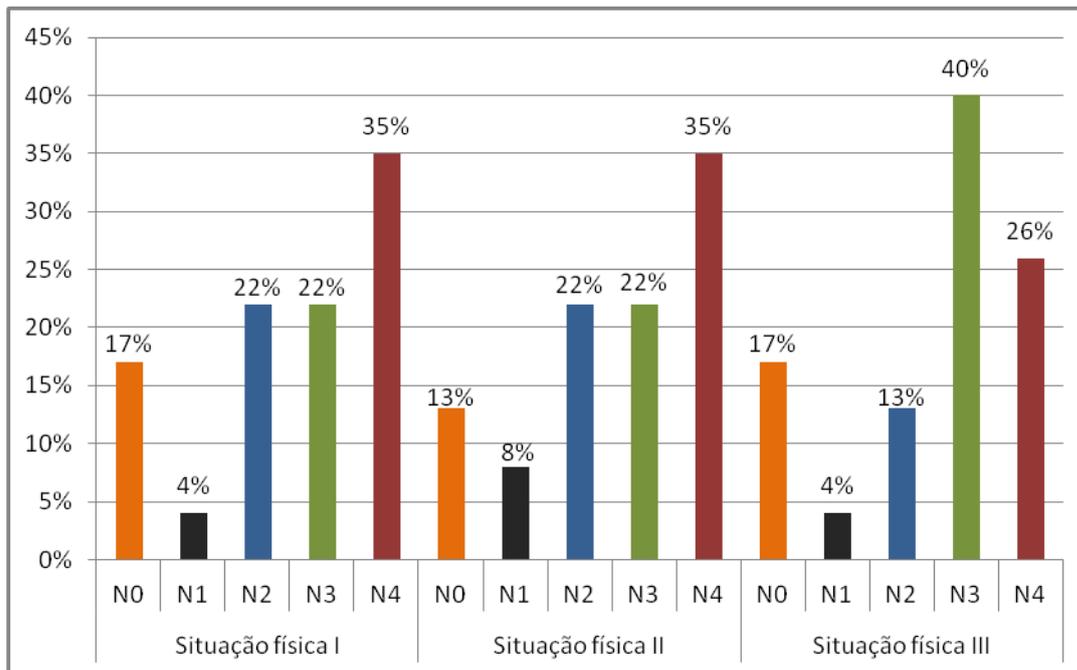


Gráfico XXXVII- Percentagem de alunos para cada nível de conceitualização no relacionamento dos conteúdos matemáticos com os conteúdos físicos.

Na situação física I, 35 % das respostas correspondem ao N4, seguido das respostas correspondentes ao N2 e N3, ambas com igual percentagem de 22%.

A situação física II apresenta valores semelhantes à situação física I, avaliada anteriormente, o que significa que obtivemos respostas idênticas nos níveis 2, 3 e 4. O N0 apresenta a menor percentagem de respostas (8%), seguido do N1 com 13 %.

Relativamente à situação física III, curiosamente 40% das respostas correspondem ao N3, o que significa que, quase metade dos alunos reconhece os conceitos e teoremas-em-ação, mas possui uma significação parcial dos conceitos e da sua aplicação a situações problemáticas. Seguidamente, o N4 concentra uma percentagem significativa de respostas com 26%, o que nos remete para o facto de bastantes alunos conseguirem reconhecer os CEA e TEA e explicar os significados cientificamente aceitáveis dos conceitos, aplicando os mesmos a situações problemáticas.

Dos registos da observação resulta uma análise para os conceitos- em- ação e teoremas- em- ação que os alunos ativam quando colocados perante situações, tarefas e problemas, sobre as três Leis de Newton. Para tal, são registados na tabela 15, os CEA e os TEA identificados pelos alunos perante as três situações-problemáticas apresentadas

nas tarefas/atividades propostas, bem como os exemplos de respostas mais comumente dadas pelos alunos. Resultados que se registaram na tabela seguinte.

Situação Física	CEA	TEA	Categoria da resposta
I	<p>1. Um corpo em repouso permanece na mesma posição em relação a um referencial;</p> <p>2. Um corpo em movimento, muda de posição em relação a um referencial;</p> <p>3. Uma força é uma interação que se estabelece entre dois corpos capaz de lhe alterar o seu estado de movimento ou repouso ou de lhes causar deformação;</p> <p>4. Quando existe mais do que uma força a atuar num mesmo corpo, falamos em força resultante;</p> <p>5. Se sobre um corpo atuarem duas forças com a mesma intensidade, a mesma direção mas sentidos opostos, dizem-se simétricas, logo, anulam-se e a força resultante é zero;</p> <p>6. Se sobre um corpo atuarem duas forças com intensidades diferentes, a mesma direção mas sentidos opostos, a força resultante terá direção igual à das duas componentes e sentido igual ao da componente com maior intensidade.</p> <p>7. A aceleração é a variação da velocidade por unidade de tempo;</p> <p>8. A aceleração adquirida por um corpo é diretamente proporcional à intensidade da força que nele atua e inversamente proporcional à sua massa;</p> <p>9. A força resultante, (\vec{F}_r), que atua num corpo de massa m, e a aceleração, \vec{a}, que ele adquire, relacionam-se por $\vec{F}_r = m\vec{a}$;</p> <p>10. A velocidade é a variação da posição por unidade de tempo;</p> <p>11. A força de atrito caracteriza-se por possuir a mesma direção mas sentido oposto ao movimento;</p> <p>12. No MRU a velocidade do corpo mantém-se constante e a aceleração é nula;</p> <p>13. No MRUA, a aceleração tem a mesma direção e sentido do movimento e a velocidade aumenta uniformemente com o tempo;</p> <p>14. No MRUR, a aceleração tem a mesma direção mas sentido contrário</p>	<p>1. Um corpo move-se quando as posições ocupadas por esse corpo, em relação a um determinado referencial, variam no decurso do tempo;</p> <p>2. Para que um corpo pare, inicie ou altere o seu movimento é necessário aplicar-lhe uma força;</p> <p>3. Um corpo terá tendência para permanecer no estado em que se encontra se a força resultante que nele atua for nula;</p> <p>4. A força aplicada a um corpo imprime-lhe uma aceleração com a mesma direção e sentido da força;</p> <p>5. Qualquer corpo em movimento está sujeito à ação de forças de atrito;</p> <p>6. Força de atrito é uma força de contacto, que se opõe ao movimento;</p> <p>7. Ao imprimirmos uma força num corpo, considerando que está sujeito à força de atrito, o movimento é inicialmente uniformemente acelerado, passando a ser MRUR, acabando por ficar em repouso;</p> <p>8. Os corpos possuem resistência em modificar o seu estado de repouso ou de MRU, a que chamamos inércia dos corpos;</p> <p>9. Quando um corpo exerce uma força sobre o outro, este exerce também sobre o primeiro uma força de igual módulo e direção mas de sentido contrário;</p> <p>10. Num referencial em que um dos corpos está em repouso antes da colisão, o momento linear total do</p>	<p>A12: “Após uma colisão, a bola inicialmente parada, aumenta a velocidade pois nela é impressa uma força. Como sabemos a força aplicada a um corpo em repouso faz mover o corpo.”</p> <p>A11: “A velocidade da bola parada depende essencialmente da variação da massa das bolas que chocam com esta. Partindo do princípio que a força imprimida às bolas é a mesma, variando a sua massa, a velocidade varia também. Então, a bola de chumbo imprime à bola parada uma menor velocidade após o choque, a bola de madeira é a que mais altera a velocidade da bola parada, sendo a bola de berlimde intermédia.”</p> <p>A15: “A velocidade das bolas que chocam depende da massa das bolas. Quanto maior for a massa das bolas maior é a sua inércia, isto é, maior é a sua resistência à mudança de velocidade. Além disso, quanto maior é a massa, maior é a força de atrito e, conseqüentemente, menor será a velocidade adquirida pelas bolas.”</p> <p>A15: “...inicialmente o movimento da bola é acelerado mas depois passa a ser retardado, até que esta acaba por parar.”</p> <p>A18: “Em relação à bola que estava em</p>

	<p>ao movimento, a velocidade diminui uniformemente com o tempo;</p> <p>15. A massa de um corpo é a medida da sua inércia. Isto é, quanto maior for a massa de um corpo, maior é a sua inércia;</p> <p>16. As forças aparecem aos pares, pares ação-reação, porque resultam de uma interação entre dois corpos;</p> <p>17. Uma colisão é uma interação entre corpos, sendo possível distinguir os instantes correspondentes ao antes e ao depois da interação.</p> <p>18. Durante uma colisão não atuam forças exteriores ao sistema.</p> <p>19. A Lei da Conservação do Momento Linear estabelece que num sistema isolado, ou seja, onde não atuam forças exteriores ou a sua resultante é nula, o momento linear do sistema mantém-se constante.</p> <p>$\vec{p} = \text{constante}$</p> <p>Momento linear é o produto da massa (m) pela velocidade do corpo (v):</p> <p>$\vec{p} = m \times \vec{v}$</p> <p>20. O momento linear total do sistema imediatamente antes da colisão é igual ao momento linear total do sistema imediatamente após a colisão.</p> <p>21. A velocidade dos corpos que chocam depende da massa desses corpos.</p>	<p>sistema imediatamente antes da colisão não pode ser nulo (porque o momento linear do outro corpo tem que ser diferente de zero, senão nunca havia colisão). Consequentemente, depois da colisão o momento linear total não pode ser nulo, o que impede uma situação em que os dois corpos ficassem em repouso após a colisão. Pelo mesmo raciocínio, a conservação do momento linear total do sistema não impede que um dos corpos fique em repouso depois da colisão, desde que o outro corpo não fique em repouso.</p> <p>11. Quanto maior é a massa dos corpos que chocam, maior é a sua inércia, isto é, maior é a sua resistência à mudança de velocidade. Além disso, quanto maior é a massa, maior é a força de atrito e, consequentemente, menor será a velocidade adquirida pelos corpos após a colisão.</p>	<p><i>movimento, ao colidir com a bola que estava em repouso, vai diminuir a sua velocidade, isto porque atua sobre ela uma força resultante do impacto com igual módulo e direção e sentido contrário, formando um par ação-reação.”</i></p>
II	<p>1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 7.; 8.; 9.; 10.; 11.; 12.; 13.; 14.; 15.; 16.; 17.; 18.; 19.; 20.; 21.;</p> <p>22. A aceleração a que um corpo está sujeito, quando se move livremente na vertical (quer no sentido ascendente, quer no descendente), é a aceleração da gravidade (\vec{g});</p> <p>23. Força gravítica ou peso é a força que a Terra exerce sobre os corpos;</p> <p>24. Um corpo sujeito apenas à força gravítica é designado por grave e diz-se em queda livre;</p> <p>25. O peso de um corpo é diretamente proporcional à sua massa, relacionando-se pela expressão</p> <p>$\vec{P} = m\vec{g}$;</p> <p>26. No sentido descendente, a velocidade a aceleração de um corpo têm ambos sentidos descendentes;</p> <p>27. A resistência do ar só poderá ser desprezada quando a velocidade é pequena e o corpo é pequeno e</p>	<p>1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 7.; 8.; 9.; 10. e 11.</p> <p>12. A plasticina é um material facilmente deformável, portanto, quando um corpo deste material colide com uma parede a uma determinada altura, deforma-se e cai próximo desta. Quando o corpo colide com a parede, esta exerce sobre ele uma força igual em módulo à que o corpo exerceu sobre a parede, mas sentidos opostos.</p> <p>13. Após a colisão o corpo movimenta-se em queda livre, ficando sujeito apenas à força gravítica, até atingir o solo, desprezando a resistência do ar.</p>	<p>A9: “A bola ficará a uma maior distância da parede quanto maior for a força aplicada no lançamento, pois quanto maior a força aplicada no lançamento maior é a força que a bola exerce na parede. Ao bater na parede a bola e a parede vão constituir um par ação-reação, em que quanto maior for a força que a bola exerce na parede maior será a força que a parede exerce na bola, logo, maior é a distância da bola à parede quando esta cai no chão. ”</p> <p>A23: “A bola de plasticina ao ser atirada para a parede cai com movimento um vertical, isto acontece devido ao</p>

	compacto; 28. A deformação sofrida por um corpo é proporcional à força aplicada sobre ele.		<p><i>peso ou força gravítica da bola.”</i></p> <p>A11: “<i>Isto acontece porque quando a bola embate na parede, esta exerce sobre a bola uma força igual, mas em sentido contrário à que a bola exerce sobre a parede. A aplicação desta força resulta na deformação da bola de plasticina. Este facto pode ser comprovado com a 3ª Lei de Newton.</i>”</p>
III	1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 7.; 8.; 9.; 10.; 11.; 12.; 13.; 14.; 15.; 16.; 17.; 18.; 19.; 20. e 21.	1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 7.; 8.; 9.; 10. e 11.	<p>A9: “<i>A velocidade diminui até o carrinho ficar em repouso pois a caixa de clips exerce sobre o carrinho uma força de sentido oposto e igual módulo à que o carrinho exerce sobre a caixa de clips, constituindo assim um par acção-reacção.</i>”</p> <p>A5: “<i>Depois de bater na caixa de clips, a velocidade do carrinho diminui. Este resultado depende do número de clips, já que faz variar a massa da caixa. Assim, quanto maior for a massa da caixa maior será a força de atrito que é exercida sobre ela. Quando o carrinho embate na cai...se a força de atrito for grande o movimento da caixa será menor...</i>”</p> <p>A15: “<i>Durante o seu movimento as únicas forças que a atuar no carrinho são: a força gravítica, a reacção normal, a força de atrito e a força aplicado no carrinho.... Inicialmente o seu movimento é uniformemente acelerado passando depois a uniformemente retardado até que pára....a massa da caixa aumenta, pelo que podemos dizer que a inércia do corpo é</i></p>

			<p><i>maior...”</i></p> <p>A2: “Depois de bater na caixa cheia de clips a velocidade do carrinho diminui. Esta diminuição de velocidade é variável com de acordo com o número de clips. Quanto maior o número de clips na caixa, maior a diminuição da velocidade e, consequentemente menor é a aceleração.”</p>
--	--	--	---

Tabela 15 - Conceitos e teoremas-em-ação(CEA e TEA) para cada situação física

Momento 3 – Entrevista

4.2.1. Apresentação dos Resultados

O registo de dados relativos ao instrumento entrevista divide-se em três etapas. Numa 1ª etapa, onde se caracterizaram alguns conhecimentos e habilidades intelectuais apresentados pelos alunos ao longo da entrevista, que contribuirão para a caracterização dos Invariantes Operatórios, relativos ao campo conceptual em estudo. Após a análise das tabelas de registo da recolha de dados relativos a esta etapa, foram apresentados os resultados no gráfico que se segue.

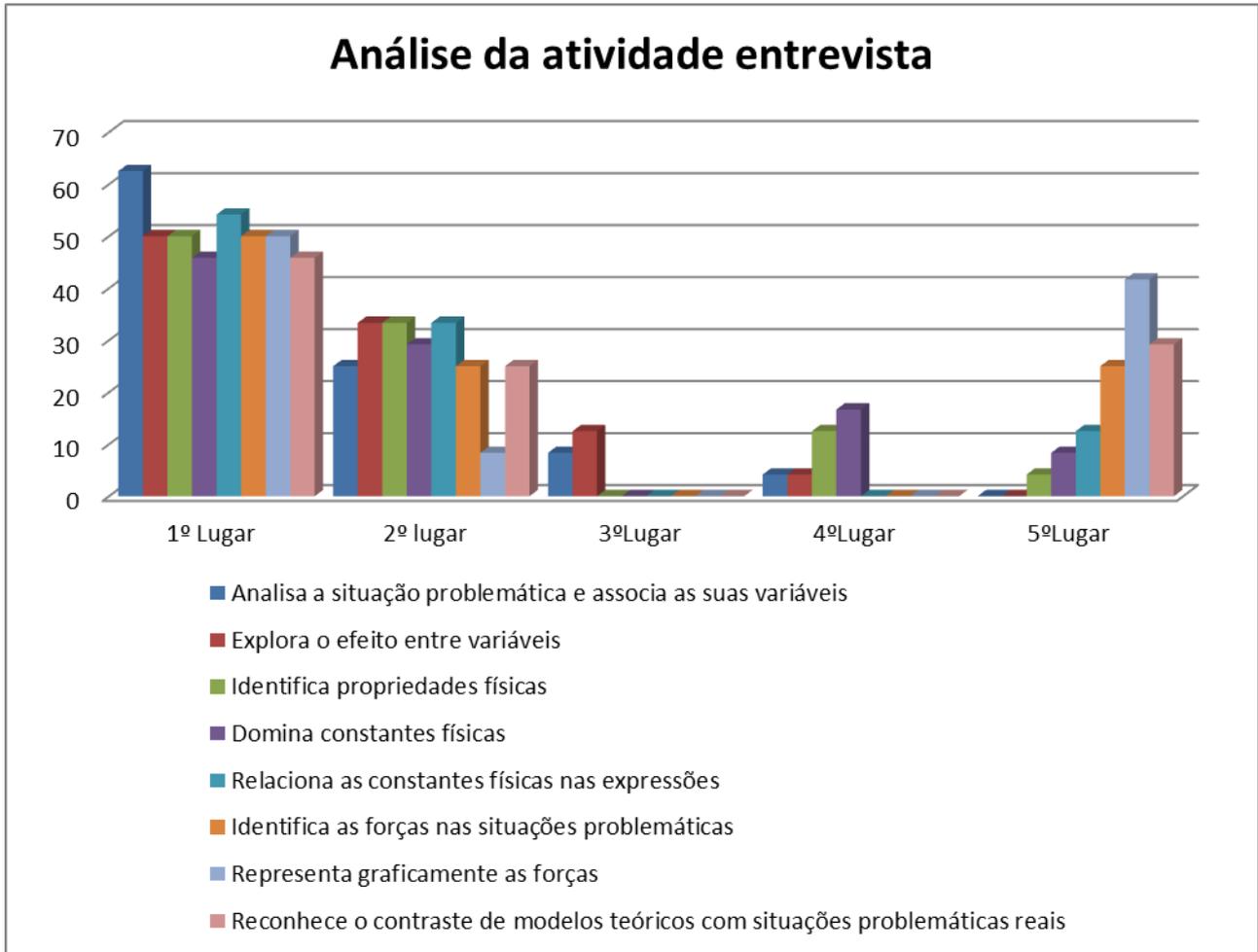


Gráfico XXXVIII: Análise da ordem de raciocínio nas atividades entrevista

Após a análise dos resultados apresentados no gráfico anterior conclui-se que cerca de 62,5% dos alunos até analisa a situação problemática e associa às suas variáveis. Ou seja ao longo de algumas entrevistas assim que o problema se colocava eles até analisavam o problema. Como exemplo na primeira situação o livro sobre a mesa em que no ponto A se pedia para explicar como é que o livro pode estar parado em cima da mesa, responderam “ Como o corpo não foi aplicada nenhuma força, as únicas forças que atuam sobre este são a força gravítica e a reação normal. Estas forças têm a mesma intensidade, a mesma direção mas têm sentidos opostos pelo que são simétricas e, por isso, anulam-se.” Cerca de 50% dos alunos conseguem explorar o efeito entre variáveis, alguns referiram que, “ a força resultante que atua, sobre o corpo, é igual à força que lhe imprimimos..., $F_r = R_n + F_g + F$ como $R_n = F_g$ e estas têm sentidos opostos, vem que $F_r = F$. Verifica-se que: 45,83% dos alunos domina as constantes físicas, 54,17% relaciona as constantes físicas nas expressões e 50% identifica as forças nas situações

problemáticas apresentadas. No que se refere à representação gráfica das forças, 50% dos alunos que fizeram referência e representaram-nas corretamente, os restantes nem as referiram. Do total da amostra, 45,83% reconhece o contraste de modelos teóricos com situações-problemáticas reais. Onde alguns explicam porque conseguimos andar, “quando estamos a andar, estamos a “empurrar” o chão para trás, e este está-nos a empurrar para a frente.” “... de acordo com o enunciado da 3ª lei de Newton, estas forças constituem um par Ação-reação”. A maioria dos alunos consegue reconhecer os conceitos subjacentes às situações colocadas e elaboram campos conceptuais que são um conjunto informal e heterogéneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos, e operações de pensamento, conectados uns aos outros e provavelmente entrelaçados durante o processo de aquisição. Os alunos, pelo menos uma parte, entende que os modelos cumprem o papel de descrever situações e aproximá-las da realidade de acordo com a teoria. Note-se que o aluno deveria primeiramente interpretar e representar as forças existentes. No entanto, como podemos comprovar na tabela 5 do anexo VII (p.287) 62,5% dos alunos escolhe como início da sua linha de raciocínio a análise da situação problemática e associação das suas variáveis. A justificação possível poderá ser a dificuldade dos alunos em representar as forças presentes neste tipo de situação-problema, acabando por optar por uma sequência mais linear. Todavia, os alunos recorrem à identificação das forças existentes antes mesmo de as representar.

Na 2ª etapa de registo de dados deste instrumento, procedeu-se à análise dos CEA e TEA identificados pelos alunos perante as situações-problemáticas apresentadas nas tarefas referentes à entrevista.

Na tabela aparece a identificação da situação física, bem como os CEA e os TEA envolvidos na mesma. Após a análise das gravações procede-se ao registo da categorização de algumas respostas apresentadas pelos alunos nessa tarefa.

Situação Física	CEA	TEA	Categoria da resposta
<p>Livro sobre a mesa</p>	<p>Um corpo em repouso permanece na mesma posição em relação a um referencial; Um corpo em movimento muda de posição em relação a um referencial; Uma força é uma interação que se estabelece entre dois corpos capaz de lhe alterar o seu estado de movimento ou repouso ou de lhes causar deformação; Quando existe mais do que uma força a atuar num mesmo corpo, falamos em força resultante; Se sobre um corpo atuarem duas forças com a mesma intensidade, a mesma direção mas sentidos opostos, dizem-se simétricas, logo, anulam-se e a força resultante é zero; Se sobre um corpo atuarem duas forças com intensidades diferentes, a mesma direção mas sentidos opostos, a força resultante terá direção igual à das duas componentes e sentido igual ao da componente com maior intensidade. A aceleração é a variação da velocidade por unidade de tempo; A aceleração adquirida por um corpo é diretamente proporcional à intensidade da força que nele atua e inversamente proporcional à sua massa; A força resultante, (\vec{F}_r), que atua num corpo de massa m, e a aceleração, \vec{a}, que ele adquire, relacionam-se por $\vec{F}_r = m\vec{a}$; A velocidade é a variação da posição por unidade de tempo; A força de atrito caracteriza-se por possuir a mesma direção mas sentido oposto ao movimento; No MRU a velocidade do corpo mantém-se constante e a aceleração é nula; No MRUA, a aceleração tem a mesma direção e sentido do movimento e a velocidade aumenta uniformemente com o tempo; No MRUR, a aceleração tem a mesma direção mas sentido contrário ao movimento, a velocidade diminui uniformemente com o tempo;</p>	<p>Um corpo move-se quando as posições ocupadas por esse corpo, em relação a um determinado referencial, variam no decurso do tempo; Para que um corpo pare, inicie ou altere o seu movimento é necessário aplicar-lhe uma força; Um corpo terá tendência para permanecer no estado em que se encontra se a força resultante que nele atua for nula; A força aplicada a um corpo imprime-lhe uma aceleração com a mesma direção e sentido da força; Qualquer corpo em movimento está sujeito à ação de forças de atrito; Força de atrito é uma força de contacto, que se opõe ao movimento; Ao imprimirmos uma força num corpo, considerando a força de atrito desprezável, o movimento do corpo é inicialmente uniformemente acelerado, passando a ser MRU; Ao imprimirmos uma força num corpo, considerando que está sujeito à força de atrito, o movimento é inicialmente uniformemente acelerado, passando a ser MRUR, acabando por ficar em repouso; Os corpos possuem resistência em modificar o seu estado de repouso ou de MRU, a que chamamos inércia dos corpos; Quando um corpo exerce uma força sobre o outro, este exerce também sobre o primeiro uma força de igual módulo e direção mas de sentido contrário;</p>	<p>A3: “O livro está em repouso porque as únicas forças que atuam nele são a força gravítica (\vec{F}_g) e a reação normal (\vec{R}_n) que, por serem iguais em módulo mas de sentidos opostos, se anulam $\vec{F}_r = \vec{F}_g + \vec{R}_n = \vec{0}$.”</p> <p>A12: “podemos obter esta confirmação se tivermos em conta o enunciado da 1ª Lei de Newton: se a força resultante for nula o corpo manterá a sua velocidade. Uma vez que a velocidade inicial era zero pois o livro estava em repouso, a sua velocidade vai manter-se e o livro pode continuar parado em cima da mesa.”</p> <p>A3: “O livro desloca-se para o ponto A porque é aplicada sobre ele uma força (\vec{F}) na direção e sentido do movimento, nesse sentido a força resultante (\vec{F}_r) passa a ser esta força ($\vec{F}_r = \vec{F}$) Esta situação é explicada pela 2ª lei de Newton, segundo a qual $\vec{F}_r = m\vec{a}$ e por isso se a força resultante aumenta a aceleração aumenta proporcionalmente.”</p> <p>A2: “A situação de repouso ou de movimento é relativa porque depende do referencial. Ao puxarmos lentamente a toalha o livro também se vai mover. O livro está em repouso em relação à toalha mas está em movimento em relação à mesa.”</p> <p>A22: “Se se retirar a toalha lentamente, o livro permanecerá no mesmo local pois existe atrito entre a toalha e o livro.”</p>

	<p>A massa de um corpo é a medida da sua inércia. Isto é, quanto maior for a massa de um corpo, maior é a sua inércia;</p> <p>As forças aparecem aos pares, pares ação-reação, porque resultam de uma interação entre dois corpos;</p>		
Lançament o da bola	<p>1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 7.; 8.; 9.; 10.; 11.; 12.; 13.; 14.; 15.; 16.;</p> <p>17. A aceleração a que um corpo está sujeito, quando se move livremente na vertical (quer no sentido ascendente, quer no descendente), é a aceleração da gravidade (\vec{g});</p> <p>18. Força gravítica ou peso é a força que a Terra exerce sobre os corpos;</p> <p>19. Um corpo sujeito apenas à força gravítica é designado por grave e diz-se em queda livre;</p> <p>20. O peso de um corpo é diretamente proporcional à sua massa, relacionando-se pela expressão $\vec{P} = m\vec{g}$;</p> <p>21. No sentido ascendente, a velocidade de um corpo tem sentido ascendente mas aceleração tem sentido descendente;</p> <p>22. No sentido descendente, a velocidade a aceleração de um corpo têm ambos sentidos descendentes;</p> <p>23. A resistência do ar depende da velocidade a que o corpo se movimenta e da área de superfície de contacto do corpo;</p> <p>A resistência do ar é diretamente proporcional à velocidade de um corpo;</p> <p>A resistência do ar aumenta como aumento da área da superfície de contacto;</p> <p>24. A resistência do ar só poderá ser desprezada quando a velocidade é pequena e o corpo é pequeno e compacto;</p>	<p>1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 9.; 10.;</p> <p>11. Quando um corpo é lançado verticalmente ou está em queda livre, desprezando a resistência do ar, a única força que atua é a força gravítica ou peso;</p> <p>Um corpo que é “atirado ao ar” executa um MRUR até parar quando atinge a altura máxima. Durante a subida o valor da velocidade é sucessivamente menor e o valor da aceleração é constante;</p> <p>Um corpo que cai livremente para o chão executa um MRUA até atingir o chão. Durante a queda o valor da velocidade é sucessivamente maior e o valor da aceleração mantém-se constante;</p> <p>12. Se a resistência do ar não existisse, todos os corpos chegariam ao mesmo tempo ao chão quando largados da mesma altura;</p> <p>13. Quando um corpo se move na vertical, e a resistência do ar não é desprezável, a resultante das forças que nele atua e o movimento que ele irá adquirir depende da relação entre a resistência do ar e do peso do corpo;</p> <p>Quando um corpo é “atirado ao ar” regista-se uma diminuição da velocidade, embora essa diminuição não seja linear com o tempo.</p> <p>Quando um corpo cai livremente regista-se um aumento da velocidade, embora esse aumento não é linear com o tempo, o que implica que a resultante das forças não seja constante, ou seja, que o valor da resistência do ar aumenta (já que o peso do corpo é constante);</p>	<p>A9: “A bola é lançada e move-se para cima isto porque sobre a bola atua o peso e a força do lançamento vertical, que por ser maior em módulo faz com que a bola suba ($v > 0$)”</p> <p>A12: “ Se convencionarmos como sentido positivo de baixo para cima, a aceleração gravítica tem sentido negativo. Sendo a velocidade positiva e a aceleração negativa o movimento em A é retardado. Para além de ser retardado é também uniforme, uma vez que a aceleração é constante, assim em A o movimento é uniformemente retardado.”</p> <p>A22: “Em B o corpo inverte o sentido (nesse ponto a velocidade é zero).”</p> <p>A1: “Em B a bola chegou à altura máxima da sua trajetória e por isso podemos dizer que aí a sua velocidade muda de sentido e por isso se anula. A bola encontra-se então em repouso instantâneo já que a seguir iniciará o seu movimento descendente, onde a aceleração e a velocidade terão igual sentido, logo este movimento será uniformemente acelerado.”</p> <p>A18: “Na situação C a bola tem um movimento uniformemente acelerado. Como o movimento é acelerado a velocidade vai</p>

			<p>aumentando, sendo a aceleração cerca de 10 m/s^2 (aceleração gravítica).”</p> <p>A16: “O sentido do vetor velocidade e do vetor aceleração coincide.”</p> <p>A3: “...A aceleração é constante em que o gráfico $x(t)$ é uma parábola e o gráfico $x(t)$ é uma reta.”</p>
Para- quedas	<p>1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 7.; 8.; 9.; 10.; 11.; 12.; 13.; 14.; 15.; 16.; 17.; 18.; 19.; 20.; 22.; 23.; 24.;</p> <p>25. Velocidade terminal é a velocidade atingida por um corpo em queda quando o peso e a força de resistência do ar se equilibram.</p>	<p>1.; 2.; 3.; 4.; 5.; 6.; 9.; 10.;</p> <p>14. Inicialmente, quando um paraquedista salta, a resistência do ar é praticamente nula, e o sistema paraquedas/paraquedista descreve, aproximadamente, um MRUA;</p> <p>11.; 12.;</p> <p>15. Decorridos alguns instantes após o salto, o ar vai oferecer uma certa resistência ao movimento. No entanto, o peso do sistema é superior à intensidade da resistência do ar.</p> <p>13.;</p> <p>16. Num determinado instante, a resultante das forças vai-se anular e o paraquedista descreve um MRU. O paraquedista atingiu a 1ª velocidade terminal.</p> <p>17. Quando o paraquedista abre o paraquedas a intensidade da resistência do ar é superior ao peso do sistema. A resultante das forças que atua no sistema tem sentido contrário ao movimento, ou seja, no sentido da força da resistência do ar. Regista-se uma diminuição da velocidade, embora essa diminuição não seja linear com o tempo.</p> <p>18. Algum instantes pós a abertura do paraquedas o movimento passa a MRU. A resultante das forças é nula e atinge-se a 2ª velocidade terminal.</p> <p>19. Até atingir o solo, o paraquedista desloca-se com velocidade constante, anulando-se quando este chega ao solo.</p> <p>20. Quando o paraquedista</p>	<p>A3: “No momento em que salta do avião o paraquedista não abre o paraquedas e a resistência do ar é pequena, pois esta depende da velocidade e da superfície de contacto, e por isso o peso é-lhe superior.”</p> <p>A16: “Quando o paraquedista salta, a resistência do ar apenas depende da velocidade. Como esta é pequena o peso é maior do que a resistência do ar e a velocidade tende a aumentar. A força resultante tem a direção e sentido do vetor velocidade, logo o movimento diz-se acelerado. Também deduzimos que o movimento é acelerado através do gráfico onde nos mostra em A um declive positivo da reta r, assim como o sentido positivo do movimento.”</p> <p>A3: “A resistência do ar depende da superfície de contacto e da velocidade do corpo. Como a velocidade aumenta a resistência do ar vai também aumentar e num certo momento esta iguala-se ao peso. ($\vec{F}_r = \vec{0}$) . Diz-se que o paraquedista atingiu a primeira velocidade terminal e este passa a ter um movimento uniforme, pois a velocidade é constante.”</p> <p>A9: “No troço C o</p>

		bate no solo a força que o solo exerce sobre o paraquedista é superior à força gravítica.	<p><i>paraquedas é aberto, a resistência do ar aumenta muito, o que faz a velocidade diminuir..”</i></p> <p>A15:”Após a abertura do paraquedas, a área de superfície de contacto mantém-se constante, pelo que a resistência do ar só varia uma vez que a velocidade não diminui linearmente com o tempo. Assim, ao diminuir a velocidade, diminui também a resistência do ar até que esta volta a igualar-se à força gravítica.”</p> <p>A9: “Após a segunda velocidade terminal cerca de 10 m/s, a velocidade vai diminuir até o paraquedista chegar ao solo e parar.”</p>
--	--	---	---

Tabela 16 - Conceitos-em-ação (CEA) e teoremas-em-ação (TEA) da Entrevista.

Após a análise da tabela 16 podemos concluir uma utilização de conceitos cientificamente corretos por parte dos alunos, de acordo com as respostas apresentadas às tarefas descritas no protocolo da entrevista.

As respostas revelam que os alunos têm o cuidado em utilizar conceitos científicos na elaboração das suas respostas às situações-problemáticas apresentadas.

Na continuação da apresentação dos dados relativos à segunda etapa de análise faz-se na tabela 17, organizada por tarefas/situações-problemáticas e níveis de conceptualização, onde se assinala a percentagem de alunos para cada nível de conceptualização no relacionamento dos conteúdos matemáticos com os conteúdos físicos, na entrevista.

Nível	Descrição	% de alunos		
		Livro sobre a mesa	Lançamento da bola	Paraquedas
N ₀	Ausência de relacionamento entre conteúdos matemáticos e físicos adequados à compreensão dos conceitos.	0%	4%	4%
N ₁	Reconhecimento de conteúdos matemáticos e físicos sem explicação de significados cientificamente aceitáveis de conceitos.	4%	17%	4%
N ₂	Reconhecimento de conteúdos matemáticos e físicos e explicação parcial de significados cientificamente aceitáveis de conceitos.	13%	17%	9%
N ₃	Transição entre o reconhecimento de conteúdos matemáticos e físicos e significação parcial de conceitos cientificamente aceitáveis com aplicação dos mesmos a situações-problemáticas.	39%	22%	35%
N ₄	Reconhecimento de conteúdos matemáticos e físicos e explicação de significados cientificamente aceitáveis de conceitos com a aplicação dos mesmos a situações-problemáticas.	44%	40%	48%

Tabela 17 - Registo da percentagem de alunos para cada nível de conceptualização no relacionamento dos conteúdos matemáticos com os conteúdos físicos

O nível de conceptualização quatro foi o que registou a maior percentagem de alunos, embora este valor não chegue a metade dos alunos, que conseguem reconhecer conteúdos físicos e matemáticos e explicar significados cientificamente aceitáveis de conceitos, aplicando-os a situações problemáticas. Segue-se o N3 que demonstra uma

percentagem muito significativa de alunos, que se encontram na transição entre o reconhecimento de conceitos matemáticos e físicos e a significação parcial de conceitos.

A ausência de relacionamento entre os conteúdos matemáticos e físicos (N0), por parte dos alunos foi o nível que registou percentagens mais baixas (4%).

4.2.2 Análise dos obstáculos à aprendizagem com a entrevista

Na terceira etapa da análise de dados relativos à entrevista, foi feita a análise dos obstáculos à aprendizagem significativa dos alunos. Todos os estudos têm obstáculos, esses obstáculos estão apresentados no Capítulo III e são: os derivados do meio escolar, onde podemos encontrar o reducionismo explicativo e o reducionismo mecanicista; os obstáculos dos Modos de Pensar e das Regras Heurísticas do Senso Comum, onde podemos encontrar o raciocínio mono conceptual, o raciocínio sequencial linear, o raciocínio irreversível, o raciocínio inconsciente, o raciocínio reducionista, o raciocínio ad hoc e o raciocínio puramente algorítmico. Todos estes obstáculos serviram de base à análise que se segue.

O desenvolvimento do currículo proporciona os elementos e os meios para a aprendizagem, mas também proporciona os modelos mentais que os alunos adotarão para a apreensão dos conteúdos. Deste processo podem derivar obstáculos que condicionam fortemente a forma de pensar dos alunos.

Estes obstáculos (ver o capítulo III, 3.6.1/3.7.4) são apresentados nas tabelas 18, 19, 20, divididos em: obstáculos derivados do meio escolar, dos modos espontâneos de pensar e modos de pensar e regras heurísticas do senso comum. A sua definição e explicação assim como as perguntas e respostas dadas pelos alunos, na entrevista, encontram-se também nas seguintes tabelas.

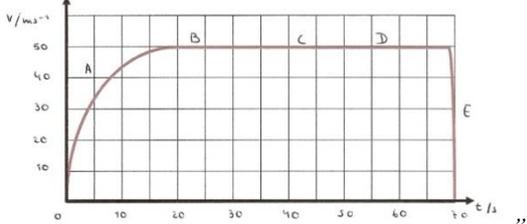
OBSTÁCULO	CATEGORIA DA RESPOSTA
<p>Conteúdos e Metodologia (Basear o ensino, ora distintamente exaltado pelos conteúdos com grave desprezo pela metodologia, ora primado pela metodologia descuidando de forma importante os conteúdos.)</p>	<p>P: "Explica como é que o livro pode estar parado em cima da mesa." A15: "... as únicas forças que atuam sobre o livro são a força gravítica e a reação normal. Estas forças têm a mesma intensidade e a mesma direção mas têm sentidos opostos pelo que são simétricas e, por isso, anulam-se." P: "Em que te baseaste para dar essa resposta?" A15: "... a força resultante que atua no livro é nula e ... um corpo que inicialmente se encontra em repouso e a força resultante que atua sobre ele é nula permanece em repouso." P: "Como chegaste e essa conclusão?" A15: "A análise do enunciado da 1ª Lei de Newton – Lei da Inércia – permite concluir que um corpo terá tendência a permanecer no estado em que se encontra se a força resultante que nele atua for nula." P: "Como sabes que é assim?" A15: " ... o livro encontra-se em repouso, ou seja, parado em cima da mesa." P: "Um paraquedista salta de um avião.... Imagina que o paraquedas não abria. Explica o que acontecia ao paraquedista e o gráfico que irias obter." A16: "O paraquedista atingiria o solo com uma velocidade excessiva. O gráfico que iria obter era o seguinte:"</p> 
<p>Reduccionismo explicativo (Tentativa de basear o ensino na observação do quotidiano e as explicações no óbvio e no senso comum.)</p>	<p>P: "Um paraquedista salta de um avião.... Imagina que o paraquedas não abria. Explica o que acontecia ao paraquedista." A16: "Se o paraquedas não abrisse o corpo atingiria o solo com velocidade muito grande." P: "... uma bola é lançada verticalmente. Na situação C (descida) o que acontece à bola?" A9: "Sobre a bola neste momento só atua o peso, o que faz com que a bola vá ficando com uma velocidade cada vez maior até cair ao solo." P: "Descreve o movimento da bola. Como caracterizas esse movimento?" A9: "Nesta situação a bola tem um movimento vertical..."</p>
<p>Reduccionismo mecanicista (Aplicação totalmente acrítica dos métodos de obtenção e processamento de dados como se estes tivessem validade universal, sem análise do campo prático ao qual se vão aplicar.)</p>	<p>P: "Supões que o livro se encontra agora parado sobre a toalha, em cima da mesa. Quando puxas lentamente a toalha, que acontece ao livro?" A4: "Se o livro se encontrar parado sobre a toalha, em cima da mesa, e se puxarmos lentamente a toalha, o livro vai continuar em repouso em relação à toalha porque entre eles existe atrito. Mas isso já não acontece entre o livro e a mesa, pois ele está em movimento em relação a ela."</p>

Tabela 18 - Obstáculos derivados do meio-escolar

De seguida registam-se na tabela 19 os obstáculos apresentados pelos alunos, perante as situações contidas no guião da Entrevista. Obstáculos esses derivados dos modos espontâneos de pensar, onde se incluem os raciocínios que se explicitam a seguir:

OBSTÁCULO	CATEGORIA DA RESPOSTA
<p>Raciocínio mono conceitual (Suposição acrítica de que a resposta a um problema depende sempre de uma variável.)</p>	<p>P: “Um paraquedista salta de avião e, aproximadamente a meio do salto, abre o paraquedas. O que acontece ao paraquedista no momento que salta do avião?” A6: “ No momento em que salta do avião o paraquedista passa do estado de repouso para um movimento uniformemente acelerado. ” P: “Como chegaste a essa conclusão?” A6: “ Isto porque sobre o paraquedista naquele instante somente atua a força gravítica.”</p>
<p>Raciocínio sequencial linear (Tendência a analisar fenómenos complexos como resultado de outros mais simples. Estes últimos são considerados um após outro, numa corrente linear que tem um duplo estatuto: implicativo e cronológico.)</p>	<p>P: “Um paraquedista salta de um avião.... Imagina que o paraquedas não abria. Explica o que acontecia ao paraquedista” A11: “Se o paraquedas não abrisse, a situação era a mesma do problema anterior até à 1ª velocidade terminal.” P: “Mas o que é que aconteceria ao paraquedista?” A11: “Como o paraquedas não abria, a resistência do ar iria diminuir cada vez mais fazendo aumentar muito a velocidade. Deste modo, o paraquedista chagaria ao solo com uma velocidade elevadíssima.”</p>
<p>Raciocínio irreversível (Tendência a pensar holisticamente), centrando a análise em mudanças locais ou em deduções diretas e nos aspetos puramente algorítmicos.)</p>	<p>P: “Imagina que dávamos uma pancada instantânea num livro que estava em repouso sobre uma mesa, de tal modo que este se deslocava para o ponto A. Explica porque é que isto acontecia.” A10: “O livro desloca-se para o ponto A porque é aplicada uma força na direção e sentido do movimento.” P: “Em que te baseaste para dar essa resposta?” A10: “$\vec{F} = m \times \vec{a}$, Lei fundamental da dinâmica, demonstra isso mesmo.”</p>
<p>Raciocínio inconsistente (Conjunto de noções pouco ou nada diferenciadas, fortemente dependentes do contexto, que com frequência levam a conduzir dois ou mais significados para um mesmo conceito, sem consciência disso.)</p>	<p>P: “Supõe que o livro se encontra agora parado sobre a toalha, em cima da mesa. Quando puxas lentamente a toalha, que acontece ao livro?” A14: “Quando se puxa a toalha lentamente, o livro acompanha a toalha sem sair do sítio, logo, não se mexe.” P: “Dá uma explicação par que tal aconteça.” A14: “Este acontecimento deve-se à existência de atrito entre a toalha e o livro.”</p>
<p>Raciocínio reducionista (Tendência a dar mais importância às propriedades que às funções dos elementos em jogo de um problema.)</p>	<p>P: “Imagina que dávamos uma pancada instantânea num livro que estava em repouso sobre uma mesa, de tal modo que este se deslocava para o ponto A. Explica porque é que isto acontecia.” A8: “ Quando aplicamos uma força num objeto, neste caso um livro, vai fazer com que este se mova. ” P: “Em que te baseaste para dar essa resposta?” A8: “ Na interação entre os dois corpos. O corpo 1 exerce uma força e o corpo 2 sofre a ação dessa força, fazendo com que o corpo 2 se mova.” P: “Um paraquedista salta de avião e, aproximadamente a meio do salto, abre o</p>

	<p>paraquedas. O que acontece ao paraquedista no momento que salta do avião?”</p> <p>A7: “ Quando o paraquedista salta do avião inicia o seu movimento de queda. Isto acontece porque ele está sujeito à força da gravidade que o “puxa” para o solo.”</p>
<p>Raciocínio ad-hoc (Tendência a elaborar uma explicação para cada caso, menosprezando a busca da generalidade e do sistemático, própria do pensamento científico)</p>	<p>P: “Imagina que dávamos uma pancada instantânea num livro que estava em repouso sobre uma mesa, de tal modo que este se deslocava para o ponto A. Explica porque é que isto acontecia.”</p> <p>A18: “ Aquando da pancada, o livro adquire uma determinada aceleração e, conseqüentemente uma determinada velocidade. Assim, inicialmente, o movimento é retilíneo uniformemente acelerado. Contudo, a partir de uma certa altura a velocidade do livro diminui e este passa a deslocar-se com movimento uniformemente retardado, parando em A.”</p> <p>P: “ E se a pancada que dada no livro fosse maior? Como descreveríamos agora o movimento do livro?”</p> <p>A18: “ Com uma pancada maior, o livro adquiria uma maior aceleração e, conseqüentemente uma maior velocidade. Assim, inicialmente, o movimento era também retilíneo uniformemente acelerado. Contudo, a partir de uma certa altura a velocidade do livro também diminuiria e este passava a deslocar-se com movimento uniformemente retardado, parando noutro ponto.”</p>
<p>Raciocínio puramente algorítmico (Tendência a empregar formalismos matemáticos e outros símbolos representativos, desprovendo-os de significado físico.)</p>	<p>P: “... uma bola é lançada verticalmente. O que acontece à bola na situação A (subida)?</p> <p>A13: “A bola sobe.”</p> <p>P: “Como sabes que é assim?”</p> <p>A13: “ Se a resistência do ar for desprezável, na situação A a energia potencial (E_p) está a aumentar e a energia cinética (E_c) a diminuir, pois a energia mecânica (E_m) é constante ($E_m = E_p + E_c$)”</p> <p>P: “Explica agora o que acontece à bola na situação B (inversão do sentido).”</p> <p>A13: “Na situação B dá-se a inversão do sentido do movimento.”</p> <p>P: “Como descreverias o movimento da bola nesta situação?”</p> <p>A13: “A velocidade ($\vec{v} = 0$) é igual a zero, sendo $E_c = \frac{1}{2}mv^2$, a E_c (energia cinética) é igual a zero. Como $E_c = 0$ e $E_m = \text{constante}$, a E_p (energia potencial) é máxima.”</p>

Tabela 19 - Obstáculos derivados dos modos espontâneos de pensar.

No seguimento do tratamento das respostas dadas pelos sujeitos da nossa amostra no instrumento objeto de análise (entrevista), apresentam-se os resultados dos obstáculos derivados dos modos de pensar bem como das regras heurísticas do senso comum, observadas nos alunos.

OBSTÁCULO	CATEGORIA DA RESPOSTA
<p>Tendência para explicar as mudanças não os estados (Esta forma de pensar dificulta o entendimento de conceitos fundamentais como “equilíbrio”, “conservação”, etc., bem como para distinguir entre “variáveis”, “constantes” e “parâmetros”.)</p>	<p>P: “<i>Imagina que dávamos uma pancada instantânea num livro que estava em repouso sobre uma mesa, de tal modo que este se deslocava para o ponto A. Explica porque é que isto acontecia.</i>”</p> <p>A20: “<i>Quando damos uma pancada ao livro em repouso, uma força é aplicada a este de modo que se movimenta do ponto onde se encontrava até ao ponto A. <a força exerceu trabalho sobre o livro, já que o ponto de aplicação da força se deslocou. Isto aconteceu pois a força exercida sobre o livro é superior à força de atrito. Esta força é aplicada no sentido e direção do movimento. Como o livro se movimenta ao ser aplicada uma força, podemos concluir que a força resultante, ou seja, a resultante de todas as forças que atuam no livro, não é nula. O livro apresenta portanto uma aceleração, ou seja, uma variação da velocidade num intervalo de tempo. O livro adquiriu uma velocidade e a partir desse momento apresentou um movimento retilíneo uniformemente acelerado. Contudo, a uma dada altura, o movimento torna-se uniformemente retardado, fazendo com que o livro pare no ponto A.</i>”</p> <p>P: “<i>Em que te baseaste para dar essa resposta?</i>”</p> <p>A20: “<i>Baseando-me na 2ª Lei de Newton – Lei fundamental da dinâmica – a aceleração adquirida pelo livro é inversamente proporcional à massa o corpo onde a força atua, sendo a força resultante constante. Quanto menor for a massa do livro maior será a aceleração adquirida por ele e, portanto maior será a sua velocidade e a distância percorrida.</i>”</p>
<p>Conceção através da percepção (Tendência a focalizar os julgamentos sobre os elementos perceptíveis de uma situação material com prejuízo dos elementos não observáveis.)</p>	<p>P: “<i>Um paraquedista salta de avião e, aproximadamente a meio do salto, abre o paraquedas. O que acontece ao paraquedista no momento que abre o paraquedas?</i>”</p> <p>A23: “<i>Quando o paraquedista abre o paraquedas, devido à forma deste, a resistência do ar aumenta muito fazendo diminuir bruscamente a velocidade.</i>”</p> <p>P: “<i>Supões que o livro se encontra agora parado sobre a toalha, em cima da mesa. Quando puxas lentamente a toalha, que acontece ao livro?</i>”</p> <p>A3: “<i>... a força de atrito, devido à superfície rugosa da toalha, faz com que o livro não se movimente sobre ela. Apesar de este nos dar a sensação que se movimenta... A sua aparente movimentação deve-se apenas à movimentação da toalha onde ele (livro) se encontra em cima e da força de atrito que o “prende” à toalha...</i>”</p>
<p>Pensamento antropocêntrico (Tendência a assimilar as experiências do mundo a esquemas derivados das próprias sensações e vivências.)</p>	<p>P: “<i>Supões que o livro se encontra agora parado sobre a toalha, em cima da mesa. Quando puxas lentamente a toalha, que acontece ao livro?</i>”</p> <p>A5: “<i>Se o livro estiver parado em cima da toalha em cima de mesa, ao puxarmos a toalha este não se movimenta, continua em repouso sobre a toalha, mas como esta é puxada, ele é arrastado.</i>”</p>

	<i>Tomemos como exemplo quando andamos: a força de atrito do solo e dos nossos sapatos permitem o nosso movimento, aliás, permitem que os nossos pés não escorreguem, para assim podermos caminhar...”</i>
Uso frequente do recurso de acessibilidades (Tendência a atribuir a um dado efeito, a causa que resulta mais acessível à memória, ou porque é informação mais recente (efeito do recente) ou porque terá dado resultados positivos com mais frequência (efeito da frequência).)	<p>P: “... uma bola é lançada verticalmente. O que acontece à bola na situação A (subida)?”</p> <p>A11: “Na situação A bola sobe.”</p> <p>P: “Como chegaste a essa conclusão?”</p> <p>A11: “As forças que atuam na bola são a reação normal e o peso. Nesta situação $\vec{N} > \vec{P}$, o que permite a subida da bola.”</p> <p>P: “Explica agora o que acontece à bola na situação B (inversão do sentido).”</p> <p>A11: “No ponto B a bola está em repouso porque a velocidade é igual a zero.”</p> <p>P: “Na situação C (descida) o que acontece à bola?”</p> <p>A11: “Na descida... a força resultante é igual ao peso. Neste caso $\vec{P} > \vec{N}$, o que permite a queda da bola.”</p>

Tabela 20 - Obstáculos derivados dos modos de pensar e das regras heurísticas do senso comum.

Da análise ao gráfico XXXIX, podemos constatar que o obstáculo derivado do meio escolar mais evidenciado pelos alunos foi o reducionismo explicativo, com 65% dos alunos a demonstrarem-no.

Em grande medida, os obstáculos à aprendizagem dos alunos derivados dos modos espontâneos de pensar (adquiridos nos meios alheios ao escolar,) afastam-se de metodologias, atitudes e critérios epistemológicos próprios das ciências. Como podemos constatar, é nos obstáculos derivados dos modos espontâneos de pensar que os alunos demonstram maior evidência.

Verificamos que obstáculos como raciocínio irreversível (83%), raciocínio reducionista (52%), raciocínio ad hoc (74%) e raciocínio puramente algorítmico (78%) são os que geram mais dificuldades de aprendizagem aos alunos.

Na tentativa de criar autonomia no processo de aprendizagem e no pensamento científico, adotam-se processos pedagógicos de modo a encaminhar os alunos a descobrirem por si próprios. Tal processo pode levar os alunos a esbarrar com obstáculos que dificultam significativamente a sua aprendizagem. Neste estudo, os obstáculos à aprendizagem derivados dos modos de pensar e das regras heurísticas do senso comum com maior ênfase foram o uso frequente do recurso de acessibilidades e conceções através de perceções com, respetivamente, 48% e 70% dos alunos a evidenciarem-nos.

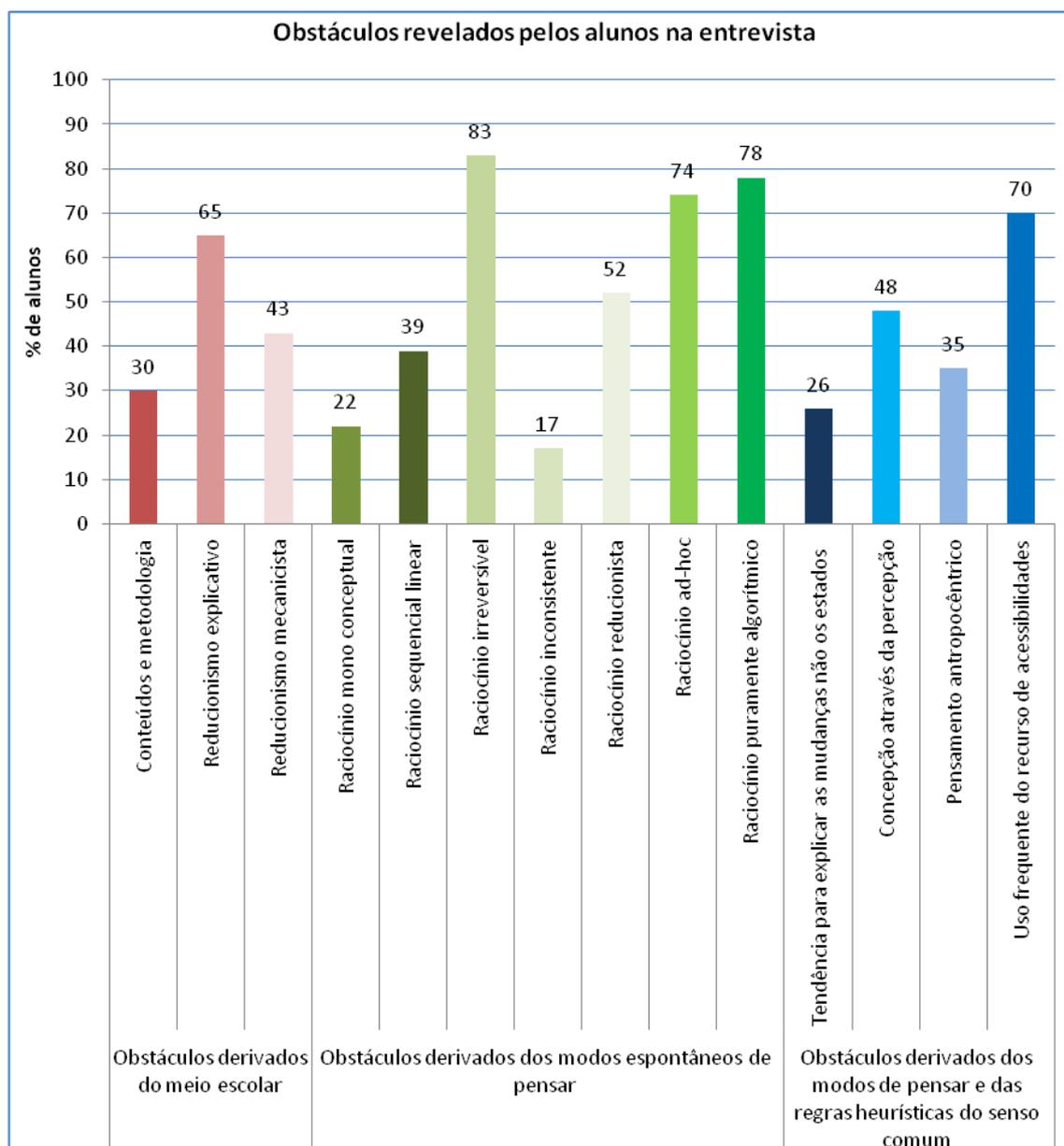


Gráfico XXXIX- Tipos de obstáculos revelados pelos alunos na Entrevista

Os obstáculos derivados dos modos espontâneos de pensar, especificamente o raciocínio inconsistente, registaram a menor percentagem, com 17 %, sendo um dos obstáculos que gerou menos dificuldades na aprendizagem dos alunos. Podemos também referir que o raciocínio mono conceptual e a tendência para explicar as mudanças e não os estados apresentaram percentagens baixas, com 22% e 26 %, respetivamente.

4.1.3. Análise Geral dos Resultados do Inquérito por Entrevista

Analisando os obstáculos detetados na aplicação da entrevista, os resultados parecem sugerir que os esquemas dos alunos possuem significados científicos iniciais do conceito de força, no entanto também se observa, que a maioria não assimila ainda estes significados, o que se manifesta nos níveis que sugerem representações simbólicas do conceito de força. Contudo, no que refere aos conceitos de álgebra vetorial e funções, desvendam-se dificuldades por parte dos alunos para aplicar os conceitos - em - ação de álgebra vetorial e funções, em situações que envolvam uma força.

Relativamente à expressão escrita, as dificuldades apreendidas tendem a aumentar nas situações que necessitam de uma conceptualização maior (Vergnaud, 1998).

Na representação de uma força por vetores, os alunos também encontraram obstáculos que podem ser interpretados pela Teoria de Vergnaud (1998), que enfatiza o aparecimento de dificuldades de explicação de significados dos conceitos, mediante o uso de representações simbólicas e de linguagem, em situações que sugerem uma maior conceptualização. Os obstáculos detetados sugerem ainda, a disponibilidade, ainda que baixa, dos alunos para enfrentar problemas que necessitam de aplicação do conceito de força, as quais aumentam à medida que cresce a complexidade dos significados a usar no desenrolar do problema.

Foram assinaladas, também, dificuldades dos alunos para explicar por meio de linguagem escrita, os conceitos-em-ação, sendo cada vez maiores à medida que aumenta a complexidade do significado dos conceitos, os quais se manifestam quando se enfrentam com significados de representações simbólicas do conceito de força. A maior parte dos alunos dispõe de invariantes para enfrentar situações que envolvam compreensão de significados do conceito força, contudo a maioria não utiliza representações adequadas para condescender significado às situações que enfrentam.

Remetendo-nos aos níveis, podemos concluir que a maioria alcança os níveis 3 e 4 de conceptualização, de transição e de apreensão do conceito força. Os níveis alcançados caracterizam-se pelo uso de esquemas que permitem o reconhecimento de situações, acompanhados de uma explicação de significados limitada, não refletindo ainda a organização e compreensão de significados desejada mediante o uso de operações e representações simbólicas dos conceitos. Podemos ainda afirmar que existe uma acomodação de esquemas de transição, marcada pelo uso de invariantes que se

relacionam com procedimentos de cálculos e uso de representações simbólicas que refletem uma assimilação parcial do conceito. No nível 3 parece que o repertório de esquemas disponíveis para enfrentar situações do conceito de força não é comparável com os esquemas que são subjacentes a uma conceptualização de grupos de conceitos de álgebra vetorial e funções. Além disso podemos verificar que os alunos recorrem perfeitamente ao conceito campo e usam-no, no entanto nem sempre com êxito na resolução de problemas.

As dificuldades de aquisição de um campo conceptual, referem-se principalmente a dificuldades para estabelecer ligação entre significados, operações e representações simbólicas, que se caracterizam pelos baixos níveis de explicação de invariantes operatórios e suas representações, predominando os aspetos procedimentais das operações sobre o uso de predicados de maior riqueza conceptual. Ainda não utilizam um amplo repertório de esquemas com invariantes operatórios apropriados para interpretar as situações a partir do conceito de força. Podemos ainda verificar que a maioria dos alunos dá significado e sentido às situações a partir de esquemas com invariantes dos conceitos de álgebra vetorial e função sem conseguir empregar estas invariantes a esquemas mais gerais que representam o conceito de força. Parece-nos também que não conseguem adequar esquemas de representação específica em situações que dependam do contexto.

É importante ressaltar o que já foi estudado por Vergnaud, frisando que os conceitos não devem ser só definidos pela sua estrutura, sem que se considerem situações nas quais são usados e os sistemas de representação simbólica que os alunos utilizam para pensar e escrever acerca de um conceito.

4.4 Considerações finais sobre os principais resultados obtidos nos três estudos

Acreditamos que a Aprendizagem Significativa, só ocorre quando uma nova informação se “conecta” com um conceito relevante pré existente na estrutura cognitiva do aluno, para isso é necessário que o aluno se interesse por aprender. Esta predisposição do aluno para a aprendizagem, é um importante ponto de partida para que se consiga que os alunos alcancem verdadeiros conceitos científicos.

A partir do conhecimento da estrutura cognitiva do aluno, o trabalho do professor, não se verá como uma tarefa que deverá desenrolar-se com “mentes em branco”, já que os sujeitos têm uma série de experiências e conhecimentos que influenciam a sua aprendizagem e podem e devem ser aproveitados em seu benefício. Ausubel refere que: «Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Descubra isso e ensine-o de acordo.» (1980, 5). Refere, ainda, que o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo, ou seja, relacionado com a estrutura de conhecimento do sujeito objeto de estudo. Por outro lado a Teoria dos Campos Conceptuais, de Gerard Vergaud, supõe que o âmago do desenvolvimento cognitivo é a conceptualização (1996a). É ela a pedra angular da cognição (1998). Logo, deve dar-se toda atenção aos aspetos conceptuais dos esquemas e à análise conceptual das situações para as quais os estudantes desenvolvem os seus esquemas mentais, na escola ou fora dela (1994). Partindo desta premissa foram estabelecidos os objetivos gerais e específicos, que serviram de base a este estudo, bem como elaborados os instrumentos que permitiram identificar e caraterizar as representações do campo conceptual da Mecânica Newtoniana.

No que se refere aos instrumentos aplicados, o Teste de Associação de Conhecimentos (TAC), Situações/Problema e Entrevista, estes permitiram-nos não só identificar as dificuldades e obstáculos dos alunos relativamente ao assunto estudado, como identificar e caraterizar os invariantes operatórios e as suas correlações, dando-se cumprimento aos objetivos inicialmente traçados para esta tese.

Terminada a nossa investigação, e à luz dos resultados encontrados, apontamos algumas conclusões gerais dos vínculos entre a estrutura do conhecimento do Campo Conceptual da Mecânica Newtoniana e a estrutura conceptual construída pelos alunos, assim como as caraterísticas das representações que possuem e constroem.

Estas conclusões limitam-se aos resultados emanados pelos participantes da investigação (amostra escolhida), aos aspetos da investigação, conceptualização e conteúdos da Física nos quais se centrou a investigação. Estamos conscientes que outros aspetos relevantes poderiam ser ainda investigados.

Tendo presentes os objetivos delineados no início do nosso trabalho de investigação, em termos gerais podemos afirmar que no nosso estudo:

- Os alunos manifestam formas de pensar derivadas do senso comum e/ou da influência externa.
- Perante determinadas situações, tarefas e problemas, os alunos ativam invariantes operatórios, que permitem caracterizar o campo conceptual da mecânica newtoniana.
- Os alunos possuem uma conceptualização diversificada acerca de diferentes aspetos relacionados com o campo conceptual da mecânica newtoniana, notando-se uma evolução de conceitos ao longo do estudo e com a aplicação dos vários instrumentos.
- A evolução da conceptualização do campo conceptual em estudo, tem uma estreita relação com o desenvolvimento da estrutura conceptual dos alunos da amostra, a partir do uso de conceitos nas atividades propostas.
- As características gerais da progressão do processo de conceptualização, confirmam que a Teoria dos Campos Conceptuais é a mais adequada a este âmbito da investigação em educação das ciências.

Em termos gerais, no fim do estudo desenvolvido contactou-se, que quando colocámos os alunos perante determinadas situações, tarefas e problemas, estes ativam determinados hergoconceitos (conceitos-em-ação) e hergoteoremas (teoremas-em-ação), que caracterizam o campo conceptual em estudo. Verificou-se, ainda, o predomínio de dois tipos de níveis de conceptualização: o nível de transição entre o conhecimento e o significado parcial do campo conceptual da mecânica newtoniana, com aplicação de conceitos a situações e problemas. E o nível de conhecimento e explicação parcial de significados do conceito sem aplicação a problemas. Em contrapartida aquando da aplicação do primeiro instrumento, não se observou o nível de transição, ou níveis superiores. Sendo que os níveis dominantes iniciais, foram os de ausência de invariantes operatórios (conceitos em ação e teoremas em ação) nos esquemas para compreender o conceito de força e o nível de conhecimento e explicação parcial de significados.

O anteriormente exposto, na perspetiva da Teoria dos Campos Conceptuais de Gerard Vergnaud que considera que, no processo de aquisição e conceptualização de num qualquer campo conceptual da física, a matéria ensinada e os conceitos, não só devem ser definidos pela estrutura construída pela disciplina, mas também devem ser consideradas as situações onde os conceitos sejam usados, em sintonia com os

esquemas de representação simbólica e representação interna (esquemas) que os alunos utilizam para pensar e escrever acerca deles (Vergnaud, 1981).

Nesta Tese as características do processo de conceptualização determinadas, manifestam-se no desempenho dos alunos perante as diversas situações, tarefas e conteúdos da física usados nos três estudos realizados. Estas características cognitivas expressam-se de modo particular nos resultados do desempenho dos alunos em cada estudo, fornecendo a informação necessária para a construção de conhecimento acerca do processo de conceptualização e aquisição do campo conceptual em estudo. Facilitou, ainda, a identificação de dificuldades e elementos facilitadores para uma conceptualização e uma aprendizagem significativa do campo conceptual da mecânica newtoniana.

Acreditamos que, a metodologia adotada nesta tese, teve início com o diagnóstico de disposições de aprendizagem nos conceitos referentes ao campo conceptual em estudo, prosseguindo com a exposição dos alunos a situações, tarefas e problemas. A amostra apresentou-nos um quadro de níveis de conceptualização, que identificam e caracterizam disposições de aprendizagens diferentes, agrupando-se os alunos de acordo com níveis de conceptualização diferentes. De referir que todos os sujeitos têm de alcançar uma meta comum de aprendizagem, ou seja, para um mesmo fim, foram colocadas as mesmas situações a diferentes alunos, identificando-se níveis de aprendizagem significativa diferentes. Com esta informação qualquer professor poderá desenhar um plano de ação, bem como selecionar as atividades e estratégias didáticas coerentes com a Zona de desenvolvimento Proximal (ZDP) de cada grupo de alunos, facilitando assim a sua aprendizagem.

Na perspetiva da Teoria dos Campos Conceptuais de Gerard Vergnaud, que serviu de base a este estudo, os alunos requerem diversas situações, problemas, tarefas, classes de conceitos, representações simbólicas, operações de pensamento e procedimentos que se conectam entre si durante o processo de aprendizagem (Vergnaud, 1981, 1990). Assim, o papel do ensino que é fundamental e poderá orientar-se no sentido da obtenção de aprendizagem significativa, pois é através desta, que se estabelece uma interação entre os esquemas ativados pelos alunos e os campos conceptuais da física descritos e aceites cientificamente, levando assim à aquisição de “verdadeiros” conceitos científicos, por parte dos alunos.

4.5. Sugestões para futuras investigações

As conclusões extraídas de todo este trabalho de investigação poderão servir não só para uma reflexão acerca do estado atual do ensino das Ciências em geral e da Física em particular, como eventualmente refletir sobre a forma como o professor desempenha o seu papel no contexto de sala de aula.

Neste sentido e devido à forma como professores e alunos encaram a aquisição de conhecimentos científicos, considera-se importante ambos entenderem qual o papel que devem desempenhar nos processos de ensino e de aprendizagem. Ao professor cabe desempenhar o papel de mediador e escolher as situações e tarefas de aprendizagem mais coerentes com a aquisição de verdadeiros conceitos científicos, facilitando ao aluno a construção do seu próprio conhecimento.

Seria importante alargar o estudo a outros campos da física, que permitissem novos conhecimentos sobre o processo de aquisição e domínio de campos conceptuais, como a termodinâmica, o som a visão, etc., cujos resultados poderiam servir de fundamento e guia para a elaboração de estratégias de ensino levando a uma aprendizagem significativa da Física.

Capítulo V – Conclusões

5. Introdução

Neste capítulo sintetizam-se as conclusões da investigação realizada em estreita associação com o problema de investigação formulado e ao qual procurámos responder com cada um dos três estudos realizados, especificamente.

5.1. Considerações Finais

As conclusões desta investigação permitiram-nos conhecer a articulação do pensamento dos alunos quando confrontados com diferentes tarefas de aprendizagem relacionadas com o campo conceptual da Mecânica Newtoniana. Existe um preconceito associado ao ensino e a aprendizagem da física. Muitos alunos têm em mente esta disciplina como algo impossível de se aprender e sem noção de que a Física é uma ciência experimental de grande aplicação no dia-a-dia. Numa tentativa de explicar as dificuldades dos alunos na aprendizagem da Física, parte de vários fatores, aos quais estão relacionados a pouca valorização do profissional do ensino, as condições precárias do trabalho do professor, a qualidade dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula, demasiado enfoque na chamada Física/Matemática em detrimento de uma Física mais conceptual, a fragmentação dos conteúdos desenvolvidos em contexto de sala de aula, ao distanciamento entre o formalismo escolar.

Através dos três momentos do estudo conseguimos que os alunos definissem, caracterizassem e explicitassem os invariantes operatórios (conhecimentos teóricos, metacconhecimentos, habilidades intelectuais e formas de pensamento) que usam nas suas indagações ou raciocínios. Conseguimos também identificar os obstáculos assim como os elementos facilitadores para a compreensão e aquisição do campo conceptual do conceito de força, presente nos esquemas de pensamento dos alunos. Este facto permitiu-nos, posteriormente, definir critérios para a criação de abordagens no ensino que facilitem, aos alunos, essa aquisição e compreensão (perante determinada situação, organizem o seu pensamento, de forma, a resolver o problema) de acordo com as exigências do programa curricular.

Concluimos que existe uma ausência de uso de invariantes operatórios desde o conceito de força, por parte dos alunos, especificamente no uso de invariantes físicos e matemáticos quando lhes são apresentadas diferentes situações problemáticas. Apenas

uma minoria dos alunos recorre aos seus próprios esquemas, para representar o conceito de força. A maioria dos alunos utiliza no seu quotidiano, os conceitos de força, movimento e repouso. Onde na maioria das vezes os alunos utilizam esses conceitos de forma errada, pelo menos do ponto de vista do conhecimento científico em vigor.

Ao nível das representações simbólicas para cada estudo, podemos verificar que os alunos encontram mais facilidade nas representações *geométricas* e de *vetores e gráficos* e mais obstáculos nas representações *proporcionais* e por *vetores/funções*, por equações. As representações *linguísticas* apresentaram níveis muito baixos, o que remete para o facto de os alunos encontrarem muitas dificuldades em explicar o seu raciocínio perante as situações problemáticas. Consta-se uma compreensão bastante limitada dos significados do campo conceptual do conceito de força.

Os resultados preliminares deste estudo reforçam a ideia de que a resolução de uma situação problemática é facilitada quando, o aluno é capaz de construir modelos mentais adequados e eficientes, de modo a resolvê-la. A construção de tais modelos parece depender fortemente da disponibilidade, no reportório do aluno, de invariantes operatórios significativos. Ou seja, parece ser imprescindível que, no processo de construção de modelos mentais eficientes, o aprendiz conte com invariantes operatórios próximos daqueles cientificamente aceites.

Portanto, acreditamos que uma das primeiras tarefas a serem realizadas pelo professor, ao trabalhar um determinado campo conceptual, seria a de promover o desenvolvimento dos invariantes operatórios dos alunos, no sentido de os levar o mais próximo possível daqueles que são cientificamente aceites. Como refere Vergnaud, os invariantes operatórios implícitos que o sujeito usa podem ser precursores do desenvolvimento de verdadeiros teoremas (proposições) e conceitos científicos.

A segunda tarefa seria a elaboração de uma estratégia de ensino adequada a estes resultados, que está definitivamente nas mãos do professor, que tem de assumir o papel de mediador. É imprescindível que o professor identifique e entenda as competências e concepções que o aluno possui no momento atual, as que possuía quando era mais jovem e as que irá precisar no futuro. Ao combinar este conjunto, consegue-se uma estratégia de ensino equilibrada.

O professor deverá organizar situações didáticas nas aulas, traçar objetivos a curto prazo – os alunos adquirem conceitos imediatos – e a longo prazo – adquirem conceitos que poderão usar mais tarde, de forma a manter o equilíbrio entre as

diferentes competências. Ao enfrentarem diferentes situações problemáticas, os alunos produzem claramente, diferentes raciocínios. Contudo, é incorreto afirmar que os alunos identificam e representam as forças independentemente das situações problemáticas. Relativamente às dificuldades conceptuais, tanto a nível teórico como metodológico, acabam por se fazer notar. É de realçar que nem todos os alunos conseguem reconhecer o contraste de modelos teóricos com as situações problemáticas reais apresentadas.

No desenrolar das atividades, verificou-se que os alunos apresentam dificuldades conceptuais, tanto a nível teórico como metodológico, em relação a situações-problemáticas. Por sua vez, os alunos só relacionam as constantes físicas nas expressões quando solicitadas, e o mesmo acontece com o domínio e determinação destas. Perante situações-problemáticas, nem todos os alunos analisam, associam e exploram o efeito entre as variáveis.

De um modo geral, os alunos apresentam alguma resistência à tarefa de resolver problemas, estando esta relacionada com as dificuldades que eles enfrentam nestas atividades: dificuldades em interpretar o problema envolvendo o conhecimento semântico e específico do enunciado; a forma como o problema é apresentada ou formulada (uso de diagramas, desenhos, verbal); número de variáveis ou informações que possam comprometer a memória de trabalho; representações confusas baseadas em analogias ou comparações equivocadas.

Por outro lado, resolver problemas implica capacidades cognitivas que extrapolam a simples aplicação de fórmulas, sendo que, em algumas atividades foi detetado que resolver «corretamente» um problema, utilizando algoritmos, não significa necessariamente entendê-los ou conhecer o conteúdo (princípios) que eles representam.

A organização do conhecimento de forma hierárquica sugere a proposta de problemas que sigam uma trajetória gradualmente mais complexa, envolvendo uma e depois mais variáveis, uma e mais relações entre elas, levando os alunos a refletir sobre os procedimentos de resolução baseados no seu conhecimento conceptual.

Se nos detivermos na análise de conteúdo de um problema, já teremos motivos de sobra para nos preocuparmos. Pois a interpretação que um aluno dá a um enunciado proposto por um «especialista» será coerente com o seu universo de conhecimento; a representação do aluno dependerá de uma descodificação subjetiva.

Também não nos podemos esquecer que o pensamento do aluno remonta à da física aristotélica, que se apresenta como um referencial indispensável para a

compreensão da física. Assim, não pode continuar ausente ou ser apresentada de forma descaracterizada no ensino da Física. O uso da História no Ensino da Física tem sido defendido por um número crescente de investigadores.

Acreditamos que demos mais um importante passo no sentido de contribuir para a melhoria dos processos de ensino e de aprendizagem, no entanto o caminho é longo e nele continuamos.

Referências Bibliográficas

- Abd-El-Knalick, F. & Lederman, N. G. (2000). *Improving Science Teacher's Conceptions of nature of science*. A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22:7, 665-701.
- Acevedo Díaz, J. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza e divulgación de las Ciencias*, 3-16.
- Andersson, B. (1986). The experimental gestalt of causation: a common core to pupils preconceptions in science. *European Journal of Science Education*, 155-171.
- Arancibia, V., Herrera, P., & Strasser, K. (1997). *Manual de psicología educativa*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Arons, A.B. (2003a). Generalizações a partir dos resultados da investigação pedagógica. *Gazeta de Física*, 4-9.
- Arons, A.B. (2003b). *Teaching introductory physics*. New York: John Wiley & Sons, Inc..
- Association, National Science Teachers(1994). *NSTA Reports*.
- Astolfi, J.-P., Darot, E., Vogel, Y., & Toussaint, J. (2000). *Práticas de formação em didáctica das ciências*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Ausubel, D. P. (1963). *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. New York: Grune and Stratton.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A Cognitive View* (2nd ed.). New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D.P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.

- Ausubel, D.P. (1986). *Educational Psychology: A cognitive view. Review of Educational Research.*
- Ausubel, D.P. & Fitzgerald, D. (1961). The role of discriminability in meaningful verbal learning and retention. *Journal of Educational Psychology.* 52(5); 266-74.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D., & Hanesian, J. (1980). *Psicologia educacional.* Rio de Janeiro: Interamericana.
- Bakeman, R., & Gottman, J.M. (1989). *Observación de la interacción. Introducción al análisis secuencial.* Ed. Morata: Madrid.
- Barais, A.W., & Vergnaud, G. (1990). Students' conceptions in physics and mathematics: biases and helps. Caverni, J.P., Fabre, J.M. & González, M. (Eds.). *In Cognitive biase.* North Holland: Elsevier Science Publishers. pp. 69-84.
- Barca, A., Porto, A., & Santorum, R (1997). Los enfoques de aprendizaje en contextos y situaciones educativas. Una aproximación conceptual y metodológica. In *Procesos de aprendizaje en ambientes educativos*, de Barca, A., Malmierca, J.L, Nuñez, J., & Santorum, R. Porto, 387-435. Madrid: Editorial Centro de Estudios Ramón Areces.
- Baroody, A. J. (1993). Problem solving, reasoning and communicating, k-8. *New York: McMillan.*
- Barron, B., et al. (1998). Doing with understanding: Lessons from research on Problem and Project-Based Learning. *The Journal of the Learning Sciences.*
- Bentley, M. (1995). US science education: Prospects for reform. *Australian Science Teachers Journal.*
- Biggs, J.B. (1987a). *Student approaches to learning and studying.* Camberwell, Vic.: Australian Council for Educational Research.
- Biggs, J.B. (1987b). *The study process questionnaire (SPQ): Manual.* Hawthorne, Vic.: Australian Council for Educational Research.
- Biggs, J.B. (1994). Student learning research and theory: Where do we currently stand? *In Improving student learning: Theory and practice*, de Gibbs, G. (1-19). Oxford: The Oxford Centre for Staff Development.

- Biggs, J.B., & Moore, P.J. (1993). *The process of learning*. Sydney: Prentice Hall of Australia.
- Biggs, J.B., Kember, D., & Leung, D. (2001) The revised two-factor Study Process Questionnaire: RSPQ-2F. *British Journal of Educational Psychology*: 133-149.
- Borges, S., & Merino, J.M. (2007). *Operações de pensamento através da resolução de problemas de Física*. Depto. Did. Cien. Exp. Univ. de Valladolid.
- Brown, A.L. (1992). Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *The Journal of the Learning Sciences*: 141-178.
- Bruner, J. (1997). *Actos de Significado*. Lisboa: Edições 70.
- Caballero, M.C. (2003). *La progresividad del aprendizaje significativo de conceptos*. Textos de apoio do Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências. Burgos: Universidade de Burgos/UFRGS.
- Cachapuz, A. (1995). *O ensino das ciências para a excelência da aprendizagem*. In *Novas metodologias em educação*, de Carvalho, A.D. (349-385). Porto: Porto Editora.
- Cachapuz, F., et al. (2000). *Perspectivas de ensino, textos de apoio n.º1 formação de professores – ciências*. Porto: Centro de Estudos de Educação em Ciência.
- Cachapuz, A., Praia, J., Gil-Pérez, D., Carrascosa, J., & Martínez-Terrades, F. (2001). A emergência da didáctica das ciências como campo específico de conhecimento. *Revista Portuguesa de Educação*, 14 ed, 155-195.
- Caride Gómez, J.A. (1995). Retos educativos na fronteira do ano 2000. In *Formación, Transición y Empleo*, 29-39. Vigo: Xerais.
- Carraher, T.N. (1989). *O método clínico: Usando os exames de Piaget*. São Paulo: Cortez.
- Carvalho, A.D. (1992a). *A educação como projecto antropológico*. Porto: Edições Afrontamento.
- Carvalho, A.D. (1992b). *Novas metodologias em educação*. Porto: Porto Editora.

- Carvalho, I.F. (2002). Abordagens à aprendizagem e abordagens ao ensino: percursos, (co) incidências e desafios. *Braga: IEP Universidade do Minho.*
- Cavaco, M. H. (1992). *A educação ambiental para o desenvolvimento: testemunhos e notícias.* Lisboa: Escolar Editora.
- Chaleta, M.E. (2003). Abordagens ao Estudo e estratégias de Aprendizagem no Ensino Superior. *Évora: Dept.º Psicologia, Universidade de Évora.*
- Chambers, F., & Forth, I. (1995). A recipe for planning a project: a novice manager's guide to small project design. *International Journal of Education Development: 61-70.*
- Champagne, A., Klopfer, L., & Anderson, J. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics: 1074-1079.*
- Chomsky, N. (1959). A review of B.F. Skinner's verbal behaviour." *Language.*
- Chomsky, N. (1957). *Syntactic structures.* The Hague: Mouton.
- Ciari, B. (1997). *As Novas Técnicas Didácticas.2ª.* Lisboa: Editorial Estampa.
- Clement, J. (1982). Students preconceptions in introductory Mechanics." *American Journal of Physics.*
- Cohen, L., & Manion, L. (1990). *Métodos de investigação educativa.* Madrid: La muralla, S.A.
- Costa, J.A. (1999). O papel da escola na sociedade actual. Implicações no ensino das ciências. *Revista do Instituto Superior Politécnico de Viseu: 56-62.*
- Costa, S.S.C., & Moreira, M.A. (2002). *Modelos mentais e resolução de problemas em Física.* Projeto em andamento.
- Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J., & Vieira, S. (2009). Investigação-ação: metodologia preferencial nas práticas educativas. *Revista Psicologia, Educação e Cultura, 13:2, pp. 355-379.*
- Cudmani, L., Pesa, A., & Salinas, J. (2000). Hacia un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias: 3-13.*

- D' Ancona, M. (1996) *Metodología cuantitativa. Estrategias y técnicas de investigación social*. Madrid: Editorial Síntesis, S.A.
- Davies, G. (1996). Cooperative Education - Experimental, Cooperative, and Study Abroad Education. *Journal of Chemical Education*, 5 ed.
- De Pro Bueno, A., & Ezquerro Martínez, A. (2005). Qué ciencia ve nuestra sociedad? *Alambique-Didáctica de las ciencias experimentales*, 37-48.
- DEB. (2001). *Orientações curriculares para o 3º ciclo do ensino básico*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Dekker, R. (1995). Learning mathematics in small heterogenous groups. *L'Educazione Matematica*, 9-19.
- Denzin, N.K., & Lincoln, Y.S. (1994). Introduction: entering the Field of Qualitative Research. In *Handbook of Qualitative Research*, de N.K. Denzin e Y.S. Lincoln, 1-18. Londres: Sage.
- DES. (2001). *Programa de física e química A-10º e 11º anos*. Lisboa: Ministério da Educação.
- DGBE. (1991). *Ensino básico 2º ciclo - Organização curricular e programas*. Vol. I. Lisboa: Ministério da Educação.
- Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa. (2002) Lisboa: Círculo de Leitores.
- Direcção Geral do Ensino Básico e Secundário. (1993). *Objectivos gerais de ciclo: Ensino básico, 2º e 3º ciclos*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Domingos, A. M., Galhardo, L., & Neves, I.P. (1987). *Uma forma de estruturar o ensino e a aprendizagem*. (3). Lisboa: Livros Horizonte.
- Driver, R. (1983). *The pupil as scientist?* Milton Keynes: Open University Press.
- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*.
- Driver, R. (1988). "Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo de ciencias." *Enseñanza de las Ciencias*.

- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). Children's ideas in science. *Madrid: Open University Press.*
- Duarte, A. (2000). Avaliação e modificação de concepções, motivações e estratégias de aprendizagem em estudantes do ensino superior. *Lisboa: Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Lisboa.*
- Duch, B. (1992). Problem-based learning in physics: The power of students teaching students. *Journal of College Science Teaching*, 326-329.
- Dykstra, D. I., Boyle, C. F., & Monarch, I. A. (1992). Studying Conceptual Change in Learning Physics. *Science Education*, 615-652.
- Edwards, C. (2000). Physics learning through a telecommunications context. *Physics Education*, 240-244.
- Elliot, J. (1994). *La investigación-acción en educación*. Madrid: Morata.
- Entwistle, N. J. (1988a). La comprensión del aprendizaje en el aula. *Barcelona: Paidós/MEC.*
- Entwistle, N. J. (1988b). Motivational factors in students' approaches to learning. In *Learning strategies and learning styles*, de R. R. Schmeck, 21-51. New York: Plenum.
- Entwistle, N.J., & Ramsden. P. (1983). Understanding student learning. *London: Croom Helm.*
- Erickson, L. (1980). *Children's viewpoint of heat: A second look*. Science Education. John Wiley & Sons, Inc., 323.
- Erickson, L.G. (1979). *Children's Conceptions of Heat and Temperature*. Science Education. Vol. 63. John Wiley & Sons, Inc, 221.
- Eysenck, M.W., & Keane, M.T. (1990). *Cognitive Psychology: A Student's Handbook*. Hove: Laurence Erlbaum.

- Ferreira, J.A., Almeida, A., Cunha, L., Rolo, A., & Vaz, J. (1995). Uma análise dos resultados da prova específica de Física de 1994. Distritos de Braga e Viana do Castelo. *Gazeta de Física*, 9-13.
- Finkelstein, N. D. (2001). Context in the Context of Physics and Learning. *Physics Education Research Conference*. Rochester (New York).
- Flavell, J.H. (1985). Developpment métacognitif. In *Psychologie développmentale. Problèmes et réalités*, de Richelle, M., & Bideaud, J. Bruxelles: Pierre Mardaga.
- Fonseca, J. (1999). A educação à Janela. Educação à distância em Portugal. Potencialidades e vulnerabilidades. Lisboa: Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Católica Portuguesa.
- Fortin, M. (2009). *Fundamentos e etapas do processo de investigação*. Loures: Lusodidacta.
- Franchi, A. (1999a). *Considerações sobre a teoria dos campos conceituais*. In Alcântara Machado, S.D. et al. (1999). *Educação Matemática: uma introdução*. São Paulo. EDUC. pp. 155-195.
- Franchi, A. (1999b). *Considerações sobre a teoria dos campos conceituais*. In Educação Matemática: uma introdução, de Machado, A.S.D. (164). São Paulo: EDUC.
- Fraser, B. J., & Tobin, K. (1998). *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer.
- Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra.
- Fullan, M., & Hargreaves, A. (2001). *Por que é que vale a pena lutar? O trabalho de equipa na escola*. Porto: Porto Editora.
- Furió, C. (1996). Las concepciones del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. *Resultados y Tendencias*. Alambique, 15.
- Furió, C., Iturbey, J., & Reyes, J. V. (1994). La résolution de problèmes comme recherche. *Aster*, 87-102.
- Gabel, D. L. (n.d) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: Macmillan Publishing Co.

- Gago, M. (1990). *Manifesto para a ciência em Portugal*. Lisboa: Gradiva.
- Gandra, P. (2001). *A Aprendizagem da Física Baseada na Resolução de problemas. Um estudo com alunos do 9º ano de escolaridade na área temática "Transportes e Segurança"*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho.
- Gardner, H. (1985). *The Mind's New Science: A History of the cognitive Revolution*. New York: Basic Book.
- Gardner, J.W. (1990). *Liderança: sucesso e influência a caminho da modernidade*. Rio de Janeiro: Record.
- Gené, A. (1986). *Transformació dels treballs pràctics de biologia: una proposta teòricament fonamentada*. Tesis doctoral. Barcelona: Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona.
- Gentner, D., & Stevens, A. (1983). *Mental Models*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gil Pérez, D. (1986). La metodología científica y la enseñanza de de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*.
- Gil, D. (1993). *Contribuição da História e Filosofia das Ciências para o desenvolvimento de um modelo de ensino - Aprendizagem como investigação*. Ensino das Ciências. 197-212.
- Gil, D., Martínez-Torregrosa, J., & Senent, F. (1988). *El fracaso en la resolución de problemas: una investigación orientada por nuevos supuestos*. Enseñanza de las Ciencias. 131-146.
- Gil Pérez, D., et al. (1999). *Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica?*. Enseñanza de las Ciencias.
- Gil, D., & Martínez-Torregrosa, J. (n.d.). Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*. 3-12.
- Gilbert, J.K. (1982). *Children's science and its consequences for teaching*. Science Education. 623.

- Gilbert, J., Watts, D., & Osborne, R. (1982a). *Students' conceptions of ideas in Mechanics*. Physics Education. 122.
- Gilbert, J.K., Osborne, R.J., & Fensham, P.J. (1982b). *Children's science and its consequences for teaching*. Science Education. 142.
- Giordan, A., & De Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir : des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Paris: Delachaux & Niestlè.
- Giroux, H.A. (1990). *Los profesores como intelectuales. Hacia una pedagogía crítica del aprendizaje*. Barcelona: Paidós/MEC.
- Goetz, J.P., & Lecompte, M.D. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Madrid: Morata.
- González, E. (1994). *Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado de física*. Tesis doctoral. València: Universitat de València.
- Grácio, M. L. (2003). *Concepções do Aprender em Estudantes em Diferentes Graus de Ensino*. Évora: Dept.º Psicologia, Universidade de Évora.
- Grangeat, M., et al. (1999). *A metacognição: um apoio ao trabalho dos alunos*. Portugal: Porto Editora.
- Greca, I.M. & Moreira, M.A. (1997). The kinds of mental representations — models, propositions and images — used by college physics students regarding the concept of field. *International Journal of Science Education*, 19(6): 711-724.
- Greca, M. I. & Moreira, M. A. (2003). Do saber fazer ao saber dizer: uma análise do papel da resolução de problemas na aprendizagem conceitual de física. *Ensaio Pesquisa em educação de Ciências*, 5 (1).
- Greca, I. & Moreira, M.A. (2004). Integrando modelos mentales y esquemas de asimilación un referencial posible para la investigación en enseñanza de las ciencias? en *La Teoría de los Campos Conceptuales y la enseñanza de las ciencias*. Universidade Federal do Rio Grande do Soul.
- Grmek, M.D. (n.d). *Raisonnement expérimental et recherches chez Claude Bernard*. Paris: Droz.

- Hake, R. (1998). Interactive-engagement vs. traditional methods: A six-thousand - student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 64-74.
- Häussler, P., & Hoffmann, L. (2000). *A Curricular frame for physics education: development, comparisons with students' interests, and impact on students' achievement and Self-Concept*. *Science Education*. 689-705.
- Howe, A. C. (1996). *Development of science concepts within a vygotskian framework*. *Science Education*.35-51.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1990). Using cooperative learning in math. In *Cooperative Learning in Mathematics*, de Davidson, N., (103-125). Menlo Park, California: Addison-Wesley.
- Johnson-Laird, P. (1993). *Mental models*. Cambridge, M.A.: Harvard University Press.
- John-Steiner, V., & Mahn, H. (1996). Sociocultural approaches to learning and development: A Vygotskian framework. *Educational Psychologist*. 191-206.
- Jorge, M. M. (1992). *Educação em ciência: perspectivas atuais*. In Didáctica da Biologia, de Oliveira, M.T., (38). Lisboa: Universidade Aberta.
- Kant, I. (1996). *Sobre a pedagogia*. Piracicaba: Unimep.
- Kim, E., & Pak, S.-J. (2002). Students do not overcome conceptual difficulties after solving 1000 traditional problems. *American Journal of Physics*, 759-765.
- Krapas, S., Queiroz, G., Colinviaux, D., & Franco, C. (1997). Modelos: Uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*.
- Kyle, W. (1995). Scientific Literacy: Where Do We Go From Here?. *Journal of Research in Science Teaching*,1007-1009.
- Lambros, A. (2002). *Problem-Based Learning in K-8 classrooms*. Thousand Oaks: Corwin Press.
- Lei de Bases do Sistema Educativo(2005). Ministério da Educação.

- Leite, L. (2001). *A aprendizagem das ciências no contexto da reorganização curricular: contributos do trabalho prático*. Braga: Universidade do Minho.
- Leite, L., & Afonso, A. (2001). Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas. Características, organização e supervisão. *Boletim das Ciências*. 253-260.
- Lemeignan, G. & Weil-Barais, A. (1994). A developmental approach to cognitive change in mechanics. *International Journal of Science Education*, 16(1): 99-120.
- Linke, R. D., & Venz, M.I. (1979). *Misconceptions in physical science among non-science background students*. Science Education.
- Llancaqueo, A. (2003). El concepto en el aprendizaje de la Física: un estudio exploratorio a la luz de la Teoría de Vergnaud. *Projeto de investigação apresentado para obter o Diploma de Estudos Avançados no Programa de Doutoramento Internacional Ensino das Ciências da Universidade de Burgos, Espanha*.
- Llancaqueo, A., Caballero, C. & Moreira, M. (2003a). El concepto de campo en el aprendizaje de la Física y en la investigación en educación en ciencias. *Revista Eletrónica de Ensino das Ciências*, 2 (3), Artículo 3. En <http://www.saum.uvigo.es/reec>.
- Llancaqueo, A., Caballero, C. & Moreira, M. (2003b). El aprendizaje del concepto de campo en física: una investigación exploratoria a la luz de la teoría de Vergnaud. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25 (4), 399-417 p.p.
- Lopes da Silva, A., & Duarte, A. (2001). Self-regulation and approaches to learning in portuguese. *Empirische Pädagogik*. 251-265.
- Lopes, J. B. (1994). *Resolução de problemas em Física e Química*. Lisboa: Texto Editora.
- Lopes, J. B. (1999). *Avaliação Multidimensional de Campos Conceptuais de Mecânica - Papel da Modelização na Aprendizagem*. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Lopes, J.B. (2002). *Processos e entidades envolvidos na aprendizagem de Física*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Lopes, J. B. (2004). *Aprender e Ensinar Física*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. Ministério da Ciência e do Ensino Superior.

- Lucas e Vasconcelos (2005). Perspetivas de ensino no âmbito das práticas letivas: Um estudo com professores do 7º ano de escolaridade. *Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias* 4 (3), 1-22.
- Machado, S.D. et al. (1999). *Educação Matemática: uma introdução*. São Paulo: EDUC. pp. 155-195.
- Martinand, J.L. (1986). *Connaitre et transformer la matière*. Berna: Peter Lang.
- Martinez, et al. (1999). Los problemas de lápiz y papel en la formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*. 211-225.
- Martinez, et al. (2001). Qué pensamiento profesional y curricular tienen los futuros profesores de ciencias de secundaria? *Enseñanza de las Ciencias*. 67-87.
- Martins, I. P. (1994). *Investigação Didáctica e Ensino Inovador das Ciências 1º e 2º Ciclos do Ensino Básico*. Actas do IV Encontro Nacional de Docentes de Ciências da Natureza. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Martins, I. P., et al. (1991). Didáctica: projecto de formação e investigação. *Actas do 2º encontro nacional de didácticas e metodologias de ensino*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Marton, F. (1981). Phenomenography: Describing conceptions of the world around us. *Instructional Science*. 177-200.
- Marton, F., & Säljö, R. (1974). On qualitative differences in learning -I: Outcome and process. *British Journal of Educational Psychology*, 4-11.
- Marton, F., & Säljö, R. (1976). On qualitative differences in learning –II: Outcome as a function of the learner’s conception of the task.” *British Journal of Educational Psychology*, 115-127.
- Marton, F., & Säljö, R. (1984). Approaches to learning. In *The experience of learning*, de Hounsell, Entwistle, N. & Marton, F. (36-55). Edinburgh: Scottish Academic Press.
- Matthews, M.R. (1994). *Science teaching: The contribution of history and philosophy of Science*. New York: Routledge.

- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall.
- McCloskey. (1983). Intuitive Physics. *Scientific American*.
- McDermott, L. C. (2001). Oersted Medal Lecture 2001: Physics Education Research-The Key to Student. *American Journal of Physics*, 1127-1137.
- Mckernan, J. (1996). *Investigación-acción y curriculum*. Madrid: Morata.
- Merino, J.M. (2007). Desarrollo curricular de las ciencias. Grupo Editorial Universitario, Granada.
- Mestre, J. (2001). *Implications of research on learning for the education of prospective science and physics teachers*. *Physics Education*, 44-51.
- Miller, F. J. (2002). *I=0 (Information has no intrinsic meaning)*. Information Research.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits in our capacity for processing information. *Psychological Review*.
- Ministério da Educação, Direccção-Geral do Ensino Básico e Secundário. (1991). *Organização Curricular e Programas para o 2º Ciclo do Ensino Básico*, 186.
- Mintzes, J., Novak, J., & Wandersee, J. (2000). *Ensinando Ciência para a Compreensão – uma visão construtivista*. Lisboa: Plátano Edições.
- Ministério da Educação. (2005). *Lei de Bases do Sistema Educativo*.
- Moll, L. C. (2002). The Mediation of Others: Vygotskian Research on teaching. *In Handbook of Research on Teaching*, de Richardson, V. (111-129). Washington: American Educational Research Association.
- Moreira, M.A. (1990). Pesquisa em ensino. Aspectos Metodológicos e Referenciais Teóricos à luz do Vê espistemológico de Gowin. *São Paulo: EPU*.
- Moreira, M.A. (1994). *Mudança conceptual: crítica a modelos actuais e uma proposta á luz da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel*. Memórias del II SIEF. Buenos Aires.

- Moreira, M.A. (1996). Modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, <http://www.if.ufrgs.br/ienci>, 1(6).
- Moreira, M.A. (1998). *Energia, entropia e irreversibilidade*. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS. Textos de Apoio ao Professor de Física, nº9.
- Moreira, M.A. (1999a). Investigación en enseñanza: aspectos metodológicos. *Escuela de Verano Sobre Investigación en Enseñanza*. Burgos: Universidad de Burgos.
- Moreira, M.A. (1999b). Investigación en enseñanza: aspectos metodológicos. In *Bases Teóricas, metodológicas y epistemológicas para la investigación en enseñanza de las ciencias*, de Moreira, M.A., (10). Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS.
- Moreira, M.A. (1999c). *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária.
- Moreira, M.A. (1999d). *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB.
- Moreira, M.A. (2002). A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Investigação nesta Área. *Porto Alegre: UFRGS*.
- Moreira, M.A. (2004). A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. In *A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Investigação nesta Área*, (17-18). Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.
- Moreira, M.A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB.
- Moreira, M.A. (2011). *Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Livraria Editora da Física.
- Moreira, M.A., & Sousa, C.M.S.G. (2002). *Dificuldades de alunos de Física Geral com o conceito de potencial elétrico*. Projeto de pesquisa em andamento.
- Moreira, M.A., & Masini, E.A.F.S. (2006). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo :Centauro, 2ª ed.
- Moreira, M.A., & Ostermann, F. (1999). Teorias construtivistas. Porto Alegre, Instituto de Física, *Textos de Apoio ao Professor de Física*, Nº10.

- National Research Council (2008). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. Washington: National Academy Press.
- Nesher, P. & Kilpatrick, J. (Eds.) *Mathematics and cognition: A research synthesis by International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Neto, A. (1998). *Resolução de Problemas em Física. Portugal: Instituto de Inovação Educacional*.
- Novak, J. (1977). *Theory of education*. Ithaca: Cornell University Press.
- Novak, J.D. (1998). *Aprender, criar e utilizar o conhecimento: Mapas conceptuaisTM como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- Novak, J.D. (2000). *Aprender, criar e utilizar o conhecimento*. Lisboa: Plátano Ed. Técnicas.
- Novak, J.D., & Gowin, D.B. (1992). *Aprender a Aprender*. 2ª Edição. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- Novo, María. (1996). *La Educación Ambiental: bases éticas, conceptuales y metodológicas*. Madrid: Universitas.
- Nussbaum, N., & Novick, S. (1981). Creating cognitive dissonance between students' preconceptions to encourage individual cognitive accommodation and a group cooperative construction of a scientific model. *Conferência Annual da AERA*. Los Angeles.
- O'Neill, D., & Polman, J. Why educate "little scientists?". Examining the potential of practice-based scientific literacy." *Journal of Research in Science Teaching*, 234-266.
- OCDE. (1992). *A Ecologia e a Escola: Propostas de Pedagogia Activa*. Rio Tinto: Edições ASA.

- Oliveira, S., Merino, J.M., & Liberato, M.L.R. (2008). Campos Conceptuales y Aprendizaje de la Física: Un Estudio con Alumnos de 14-15 años. *XXIII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Espanha: Almeria.
- Osborne, R., & Freyberg, P. (1995). *Learning in science*. Auckland, NZ: Heinemann Press.
- Osborne, R., & Edney, R. (1998). *Filosofia para principiantes*. II vols. Buenos Aires: Era Naciente.
- Pastré, P. (1994). Variations sur le développement des adultes et leurs représentations. *Education Permanente*, 39.
- Payá, J. (1991). *Los trabajos prácticos en física y química: un análisis crítico y una propuesta fundamentada*. Tesis doctoral. Valencia: Universitat de València.
- Penick. (1992). Teaching for creativity. In *Education in science and technology for development. Perspectives for the 21 st century*, de Reay, J. & George, J. West Indies: ASETT/ICASE .
- Pereira, M. (1992). *Didáctica das Ciências da Natureza*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1959). *Experimental Psychology: Its Scope and Method*. Vol. 7.
- Piaget, J. (1971). *Los estadios del desarrollo intelectual del niño y adolescente*. Buenos Aires: Buena Visión.
- Piaget, J. (1978). La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo. *Madrid: Siglo XXI de España*.
- Piaget, J., & Aguilar. (1972). *El nacimiento de la inteligencia en el niño*. Madrid.
- Plaisance, E., & Vergnaud, G. (1993). *Les sciences de l'éducation*. Paris: La Decouverte.
- Polman, J. L., & Pea, R.D. (2001). Transformative communication as a cultural tool for guiding inquiry science. *Science Education*, 223-238.

PRESSLEY, M., HARRIS, K. R. e MARKS, M. B. (1992) – But Good Strategy Instructors are Constructivists!, *Educational Psychology Review*, 4, 3-31.

Ponczek, R.I.L. (2002). *Da Bíblia a Newton: uma visão humanística da mecânica. In Origens e evolução das ideias da física*, de Rocha, J.F. (60). Bahia: Universidade Federal da Bahia.

Porto Riboo, A. (1994). *Las aproximaciones al proceso de aprendizaje en estudiantes universitarios*. Santiago do Compostela: Universidad de Santiago de Compostela, Facultad de Psicología.

Pozo, J. I., et al. (1994). *La solución de problemas*. Madrid: Santillana, S.A.

Pozo, J.I. (1996). La psicología cognitiva y la educación científica. *Investigações em Ensino das Ciências*, 20.

Pozo, J.I. (1998). A aprendizagem e o ensino de fatos e conceitos. *In Os conteúdos na reforma*, de Coll, C., et al. (17). Porto Alegre: Artes Médicas.

Pressley, M., Harris, K. R. & Marks, M. B. (1992). *But Good Strategy Instructors are Constructivists!* *Educational Psychology Review*, 4, 3-31.

Ramsden, P. (1992). *Learning to Teach in Higher Education*. London: Routledge.

Redish, E. (1999). *Millikan Lecture 1998: Building a Science of Teaching Physics*. *American Journal of Physics*, 562-573.

Richardson, V. (2002). *Handbook of Research on Teaching - Fourth Edition*. Washington: *American Educational Research Association*.

Rivière, A. (1987). *El sujeto de la Psicología Cognitiva*. Madrid: Alianza Editorial.

Rivière, A. (1991). *Objetos con mente*. Madrid: Alianza Editorial.

Richardson, V. (1994). *La psicología de Vygotsky*. Madrid: Antonio Machado Libros.

Robert, A., & Robinet, J. (1996). *Prise Compte du Meta en Didactique des Mathématiques*. Paris: *IREM - Université de Paris VII*.

- Rodríguez, G., Gil, J., & Garcia, E. (1999). *Metodología de la investigación educativa*. Málaga: Aljibe.
- Rosário, P. (1999a) As abordagens dos alunos ao estudo: Diferentes modelos e suas interrelações.” *Psicologia: Teoria, Investigação e Prática*, 43-61.
- Rosário, P. (1999b). *Variáveis Cognitivo-motivacionais na Aprendizagem: As Abordagens ao Estudo em alunos do Ensino Secundário*. Braga: Universidade do Minho.
- Rosário, P. (2001). Diferenças processuais na aprendizagem: Avaliação alternativa das estratégias de auto-regulação da aprendizagem.” *Psicopedagogia, Educação e Cultura*, 87-102.
- Rosário, P., & Almeida, L. (1999). *As concepções e as estratégias de aprendizagem dos alunos do secundário*. Vol. 6, em *Avaliação Psicológica: Formas e Contextos*, de Soares, A.P., Araújo. S., & Caires, S. (713-722). Braga: APPORT.
- Rosário, P., Ferreira, I., & Guimarães, C. (2001). Abordagens ao estudo em alunos de alto rendimento. *Sobredotação*, 121-137.
- Rosário, P., Ferreira, I., & Cunha, A. (2003). Inventário de Processos de estudo (I.P.E.). *In Avaliação Psicológica. Instrumentos validados para a população portuguesa*, de Gonçalves, M.M., Simões, M.R., Almeida, S.L., & Machado, C. (145-164). Coimbra: Quarteto Editora.
- Rosário, P., Núñez, J., & González-Pienda, J. (2004). Stories that show how to study and how to learn: an experience in Portuguese school system. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 131-144.
- Rosário, P., & Almeida, L. (2005). Leituras construtivistas da aprendizagem. *In Psicologia da Educação. Temas de desenvolvimento, aprendizagem e ensino*, de Miranda, G.L., & Bahia, S. (141-165). Lisboa: Relógio d'Água.
- Ruba, Jr. (1982). Scientific literacy: The decision is ours. In *An analysis of the secondary school science curriculum and directions for action in the 80's*, de Staver, J. (14). Columbus, Ohio: AETS.
- Rutherford, F. J., & Ahlgren, A. (1995). *Ciência para todos*. Lisboa: Gradiva.

- Salinas, J. (1994). *Las prácticas de física básica en laboratorios universitarios*. Tesis doctoral. València: Universitat de València.
- Santos, M.E. (1992). As concepções alternativas dos alunos à luz da epistemologia Bachelardiana. In *Ensino das Ciências e Formação de Professores*, de Cachapuz. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Santos, M. (1998). *Mudança conceptual na sala de aula – Um desafio pedagógico epistemologicamente fundamentado*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Schunk, D. (1997). *Teorias del aprendizaje*. México: Prentice-Hall Hispanoamericana.
- Seidman, I.E. (1981). *Interviewing as qualitative research*. New York: Teachers College, Columbia.
- Shoring, N. (1995). Project work: Why should you include it in your teaching program? *Australian Science Teachers Journal*.
- Silva, A. A. (1999). *Didáctica da Física*. Porto: Edições Asa, 172-173.
- Silva, F., & Rodrigues, Isilda (2012). *A história das ciência no ensino das ciências naturais* (ISBN: 978-989-704-100-6). Vila Real: UTAD.
- Simon, H.A. (1974). How Big is a chunk? *Science*. Washington D.C.
- Simpson, M., & Arnold, B. (1982). The inappropriate use of sub-sumer in biology learning. *European Journal of Science Education*, 173.
- Sousa, C.M.S.G. (2001). *A resolução de problemas e o ensino de Física: uma análise psicológica*. Tese de doutoramento. Instituto de Psicologia, Universidade de Brasília.
- Sousa, C.M.S.G. & Fávero, M.H. (2002). *Um estudo sobre resolução de problemas em Física em situação de interlocução entre um especialista e um novato*. Submetido ao VIII EPEF.
- Sprinthall, N., Sprinthall, R. & Oja, S. (1996). *Psicología de la educación*. Madrid: McGraw-Hill.
- Stenhouse, L. (1993). *La investigación como base de la enseñanza*. Madrid: Morata.

- Stipcich, M.S. & Moreira, M.A. (2002). *El significado del concepto de interacción en estudiantes de nivel polimodal*. Projeto de pesquisa em andamento.
- Stinner, A. (1994). Providing a contextual base and a theoretical structure to guide the teaching of high school physics. *Physics Education*, 375-381.
- Taylor, S.J., & Bogdan, R. (1986). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Buenos Aires: Paidós.
- Teodoro, V., & Freitas, J. (1992). Educação e Computadores. *Gabinete de Estudos e Planeamento*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Thagard, P. (1996). *Mind: Introduction to Cognitive Science*. Massachusetts: *The Mit Press*.
- Thagard, P. (2002). *Mind: Introduction to Cognitive Science*. Cambridge, Massachusetts: *The Mit Press*.
- Tiberghien, A., Barojas, E.L., & Jossem, J. (1998). Connecting research in physics Education with Teacher Education. *International Commission on Physics Education*.
- Toulmin, S. (1977). *Human Understanding: The Collective Use and Evolution of Concepts*. Princeton: *Princeton University Press*.
- Vasconcelos, C. & Almeida, A. (2012). *Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas: Propostas de Trabalho para Ciências Naturais, Biologia e Geologia*. Porto: Porto Editora.
- Vergnaud, G. (1982). A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In *Carpenter*, de Moser, T. & Romberg, T. (1982). *Addition and subtraction. A cognitive perspective*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum. pp. 39-59.
- Vergnaud, G. (1983a). Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives. *Atelier International d'Eté: Recherche en Didactique de la Physique*. La Londe les Maures, França, 26 de junho a 13 de julho.
- Vergnaud, G. (1983b). Multiplicative structures. In *acquisition of mathematics concepts and processes*, de Lesh, R. and Landau, M. (Eds.) New York: Academic Press Inc. pp. 127-174.

- Vergnaud, G. (1983c). Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives. *Recherche em Didactique de la Physique*. La Londe : les Maures.
- Vergnaud, G. (1987a). *Problem solving and concept development in the learning of mathematics*. E.A.R.L.I. Second Meeting. Tübingen.
- Vergnaud, G. (1987b). Les Fonctions de l'Action et de la Symbolisation dans la Formation des Connaissances Chez l'Enfant. In *Encyclopédie de la Pléiade - Psychologie*, de Monnod, J. P., et al., (841). Paris: Éditions Gallimard.
- Vergnaud, G. (1988). Multiplicative structures. In *Research Agenda in Mathematics Education. Number Concepts and Operations in the Middle Grades*, de Hiebert, de Behr, M. (Eds.). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum. pp. 141-161.
- Vergnaud, G. (1990). *La théorie des champs conceptuels*. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10 (23): 133-170.
- Vergnaud, G., et al. (1990). *Epistemology and psychology of mathematics education. Epistemology and psychology of mathematics education*. In *Mathematics and cognition: A research synthesis by International Group for the Psychology of Mathematics Education*, de Nesher, P. & Kilpatrick, J. (Eds.) Cambridge: Cambridge University Press.
- Vergnaud, G. (1993). Teoria dos campos conceituais. In *Nasser*, de L. (Ed.) *Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro*. p. 1-26.
- Vergnaud, G. (1994). Multiplicative conceptual field: what and why? In *The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics*, de Guershon, H. & J.Confrey, J. (43-53). Albany, N.Y.: *State University of New York Press*.
- Vergnaud, G. (1996a). *Algunas ideas fundamentales de Piaget em torno a la didáctica*. *Perspectivas*. 201-203.
- Vergnaud, G. (1996b). Education: the best part of Piaget's heritage. *Swiss Journal of Psychology*, 55(2/3): 112-118.
- Vergnaud, G. (1996c). A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. *Revista do GEMPA*, Porto Alegre, Nº 4: 9-19.
- Vergnaud, G. (1997). The nature of mathematical concepts. In *Learning and teaching mathematics: An international perspective* , de Nunes, T. & Bryant, P. Hove (East Sussex), Psychology Press Ltd.

- Vergnaud, G. (1998a). “Entrevista” : *Pátio*, 24.
- Vergnaud, G. (1998b). Palestra proferida em 22/04/1998 na *Pós-graduação em Psicologia*. Recife: Universidade Federal de Pernambuco.
- Vergnaud, G. (1998c). A comprehensive theory of representation for mathematics. *Journal of Mathematical Behavior*, 17(2): 167-181.
- Vergnaud, G. (s.d.1.). *Quelques idées fondamentales de Piaget intéressant la didactique*.
- Vergnaud, G. (s.d.2.). *Au fond de l’action la conceptualisation*.
- Vergnaud, G. (2000). Piaget-Vygotsky-Vergnaud. *Pós-graduação em Psicologia Cognitiva*. Recife: Universidade Federal de Pernambuco.
- Vergnaud, G. (2003). A gênese dos campos conceituais. In *Por que ainda há quem não aprende?*, de Grossi, (38-58). Petrópolis: Vozes.
- Vergnaud, G., & Grossi, E.P. (2005). *Esquemas operatórios de pensamento: uma conversa com Gérard Vergnaud*. In *Ensinando que todos aprendem: fórum social pela aprendizagem*, de Grossi, (85-100). Porto Alegre: GEEMPA.
- Vergnaud, G. (2007). En qué sentido la teoría de los campos conceptuales puede ayudarnos para facilitar aprendizaje significativo?. *Investigações em ensino das ciencias*. V 12 (2), pp. 285-302.
- Villani, A., Pacca, J.L.A., Kishinami, R.I., & Hosome, Y. (1982). Analizando o ensino de Física: contribuições de pesquisas com enfoques diferentes. *Revista de Enseñanza de Física*, 34.
- Vosniadou, S. (1994). Conceptual Change. Special issue of Learning and Instruction: *The Journal of the European Association for Research on Learning and Instruction*.
- Vygotsky, L. S. (1934). *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes Editora.
- Vygotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.

- Vygotsky, L.S. (1987). The Collected Works of L. S. Vygotsky. *Problems of general psychology*, 282.
- Vygotsky, L.S. (1991). *Aprendizagem e Desenvolvimento Intelectual na Idade Escolar*. In *Bases Psicológicas da Aprendizagem e do Desenvolvimento*. Vygotsky, de L.S. et al. *Psicologia e Pedagogia*: São Paulo: Ed. Moraes.
- Vygotsky, L. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. Barcelona: Paidós.
- Vygotsky, L.S. (2000). Construção do Pensamento e Linguagem: As raízes genéticas do pensamento e da linguagem. São Paulo: Martins Fontes, capítulo 5: p.151.
- Vygotsky, L. S. (2003). *A Formação Social da Mente: Desenvolvimento da Percepção e da Atenção*. 6ª Edição. São Paulo: Ed. Martins Fontes, capítulo 2: p.66 - 67.
- Vygotsky, L.S. (2005). *Pensamento e Linguagem: Um Estudo Experimental da Formação de Conceitos*. 3ª Edição. São Paulo: Martins Fontes, capítulo 5: p.72-73.
- Watts, M. (1991). *The science of problem-solving*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Weil-Barais, A. (1993). *L'Homme Cognitif*. Paris: PUF.
- Weil-Barais, A., & Dumas-Carré, A. Les Interactions Didactiques, Tutelles et/ou Médiation. In *Tutelle et Médiation dans l'Éducation Scientifique*, de A. & Weil-Barais, A. (1998). Dumas-Carré. Bern: Peter Lang.
- Weil-Barais, A. (1995). Médiation et didactique. In *Comprendre et construire la méditation*, de G. Chappaz, 44-74. Marseille: Université de Provence et CRDP.
- Wertsch, J. (1995). *Vygotsky y la formación social de la mente*. Barcelona: Paidós.
- West, S. (1992). Problem-Based Learning – a viable addition for secondary school science.” *School Science Review*, 47-55.
- White, R. T. (1994). Conceptual and conceptional change. *Learning and Instruction*, 117-121.
- Whitelegg, E. (1996). The Supported Learning in Physics Project. *Physics Education*, 291-296.
- Williams, R., et al. (1995). *Ciência para Crianças*. Lisboa: Instituto Piaget.

Woolfolk, A. (1996). *Psicologia educativa*. México: Prentice-Hall Hispanoamericana.

Woolnough, B. E. (1994). *Effective science teaching*. Bristol: Open University Press.

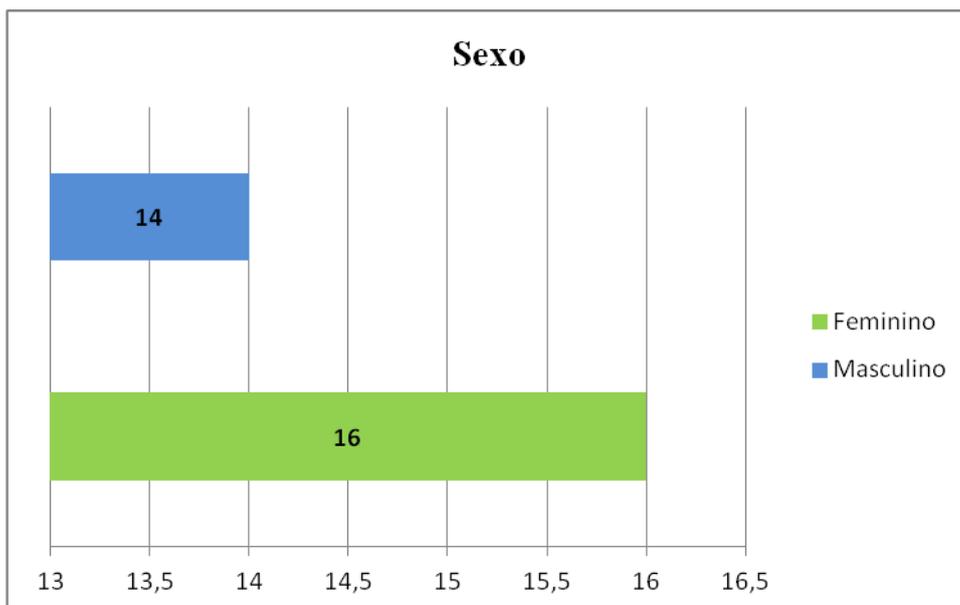
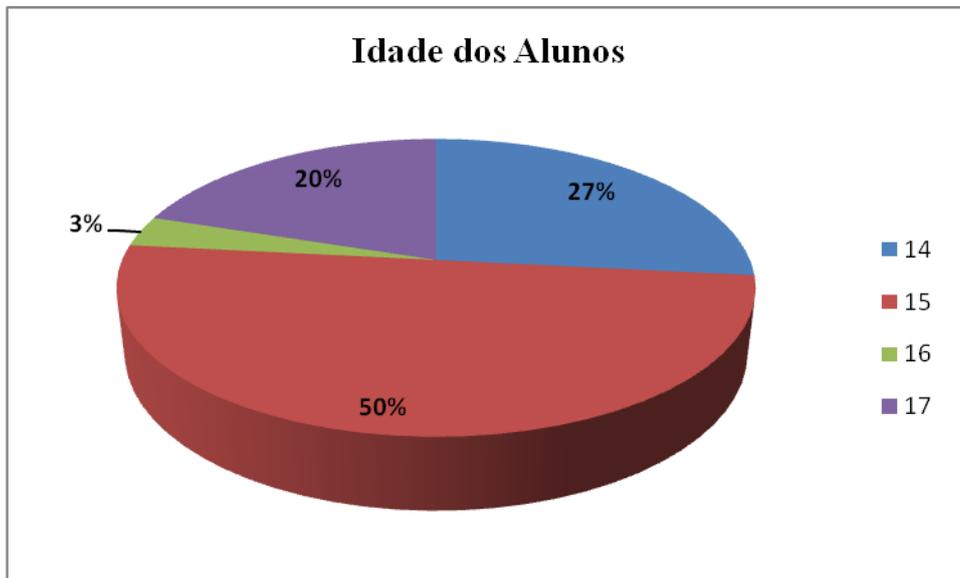
Yager, R. "The current situation is science education." In *An analysis of the secondary school science curriculum and directions for action in the 1980`s*, de Staver, J. (1981). Colombus, Ohio: ERIC.

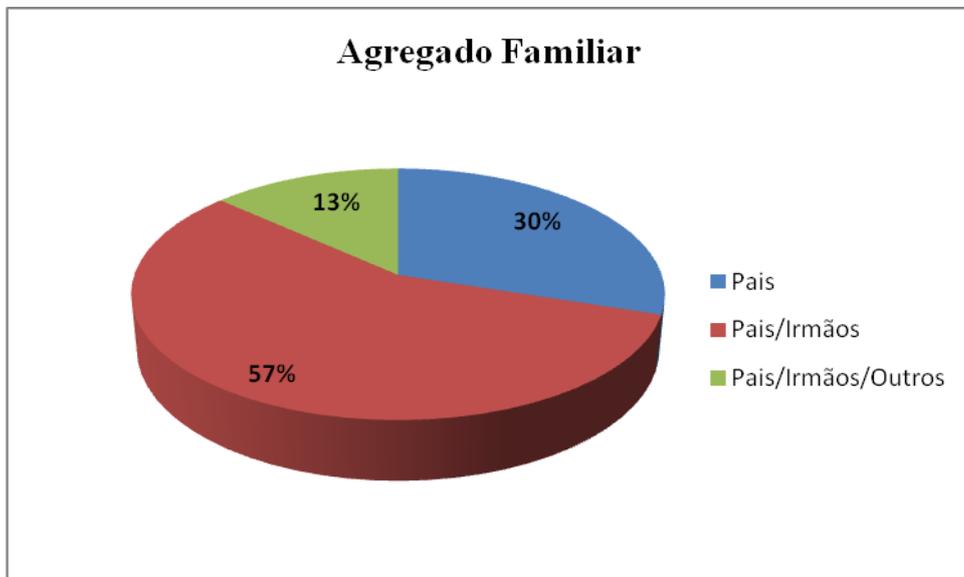
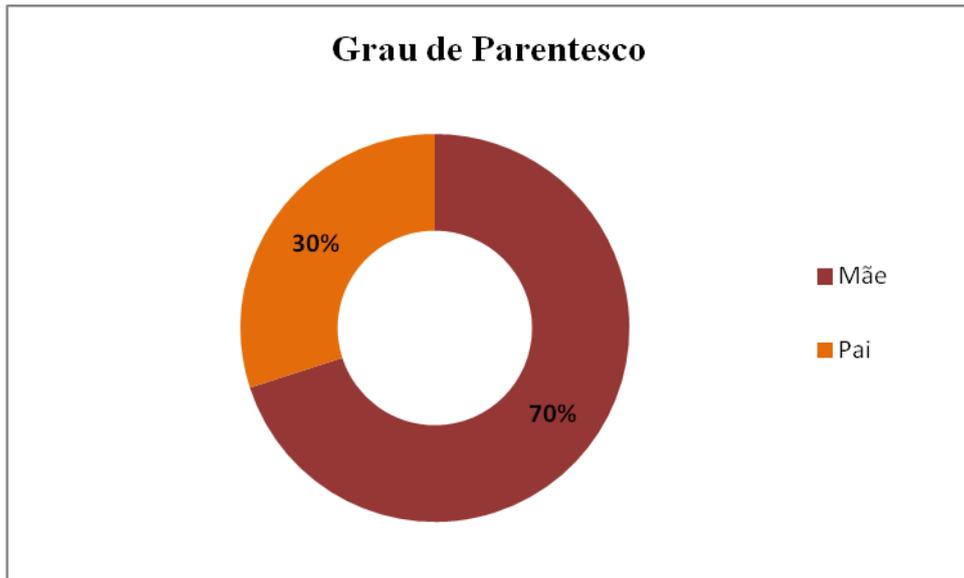
Zeegers, P. (2002). A revision of the Biggs' Study Process Questionnaire (R-SPQ)." *Higher Education Research and Development*, 73-92.

Zeegers, P. (2001). Approaches to learning in science: A longitudinal study. *British Journal of Educational Psychology*, 115-132.

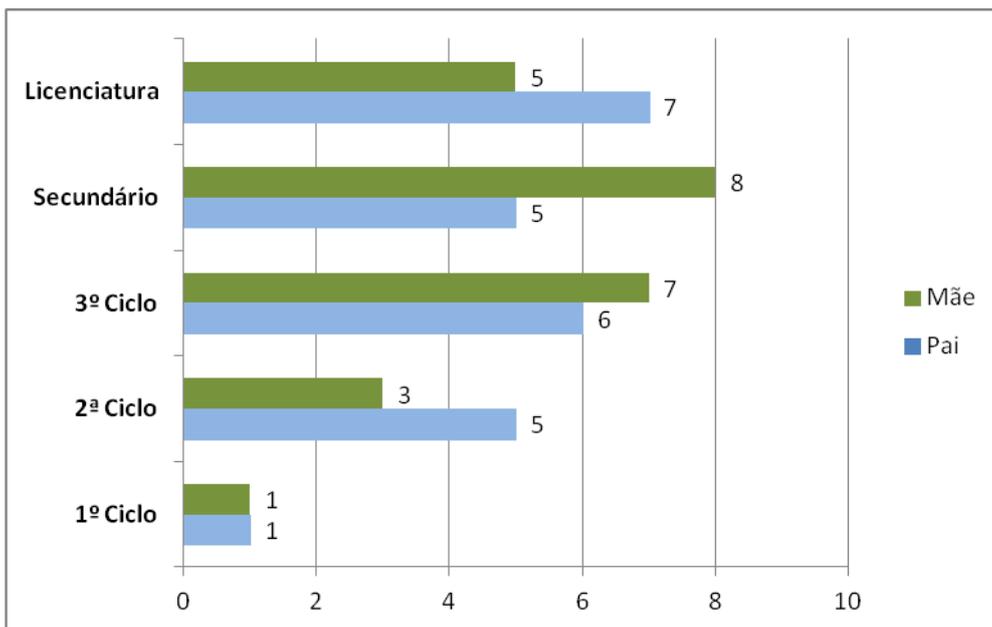
Ziman, J. Science Education - for whom. In *Science in school*, de A. Cooper, Tootes e D. Zeldin J. Brown. (1986). Milton Keynes: OUP.

ANEXO I - Caracterização Geral da Amostra

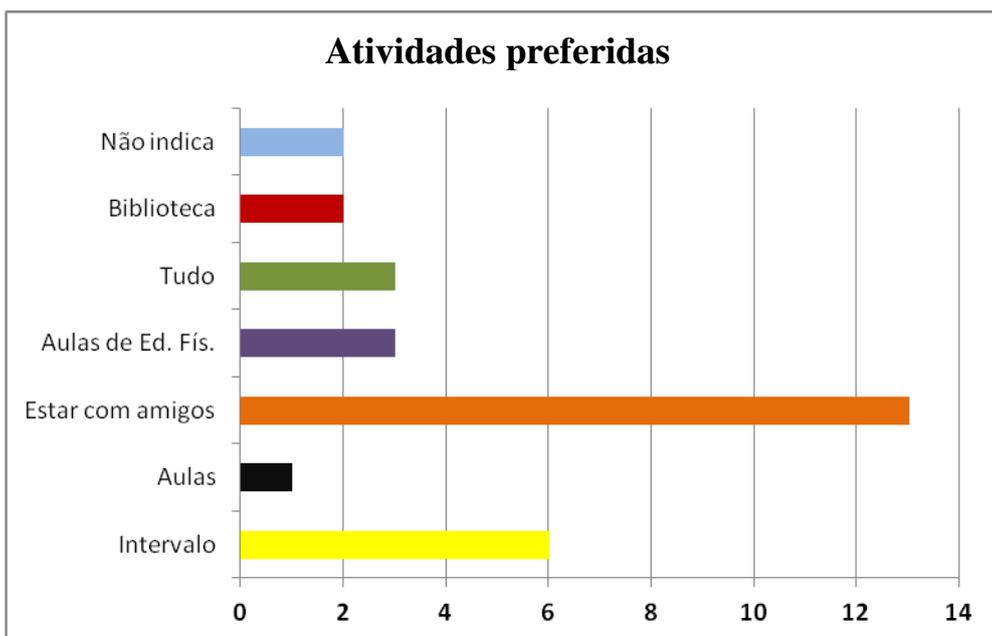


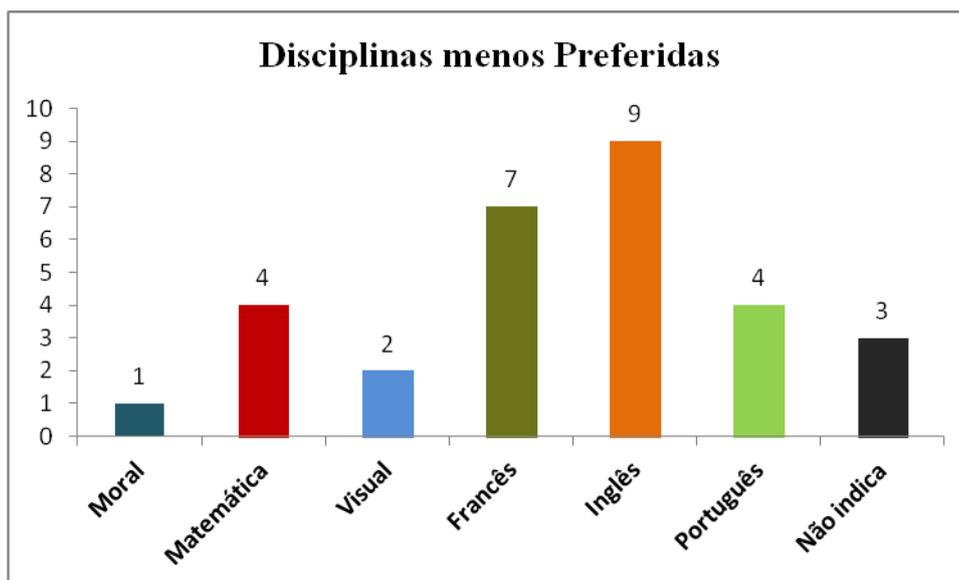
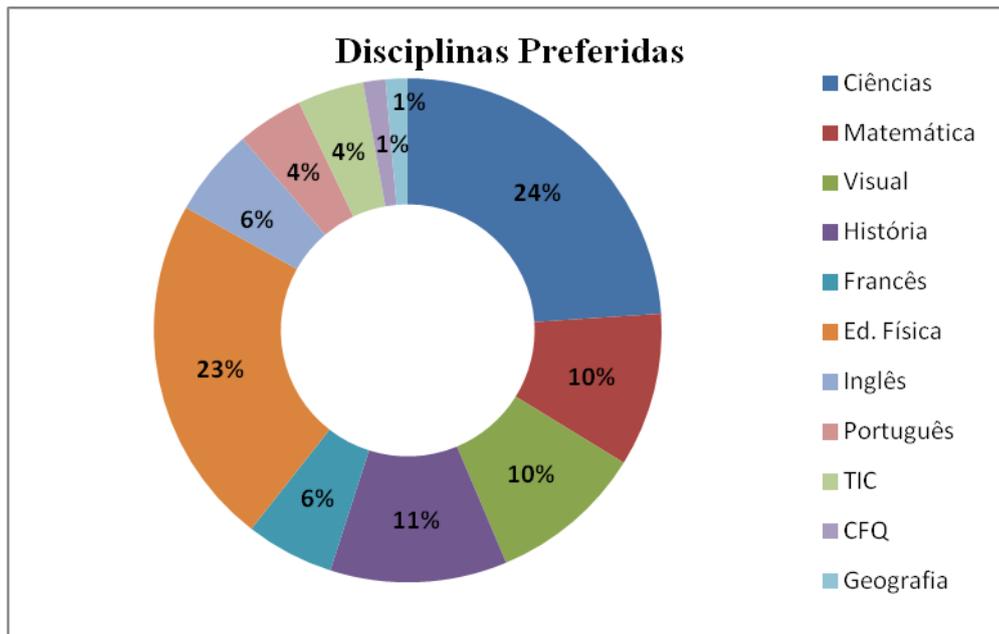


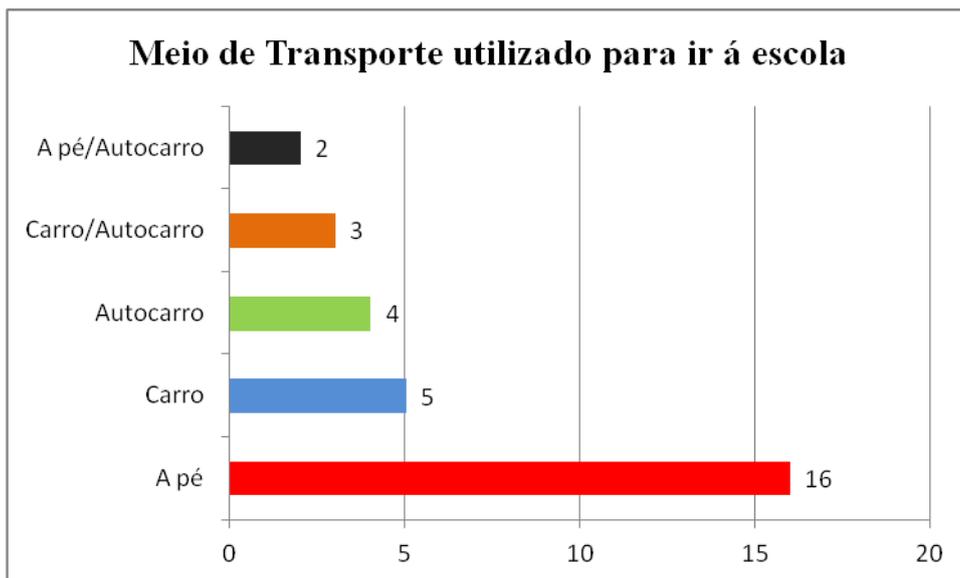
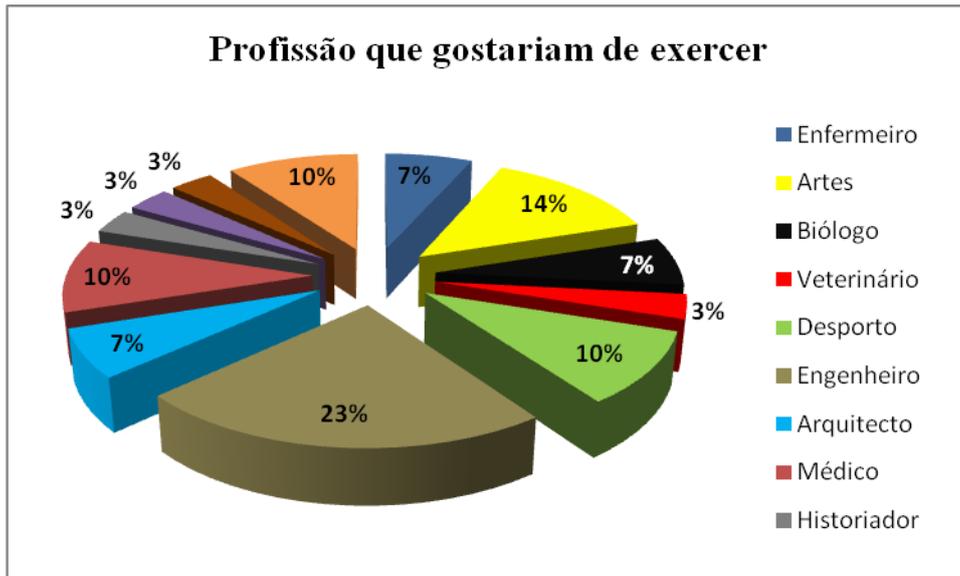
Habilitações Literárias dos Pais

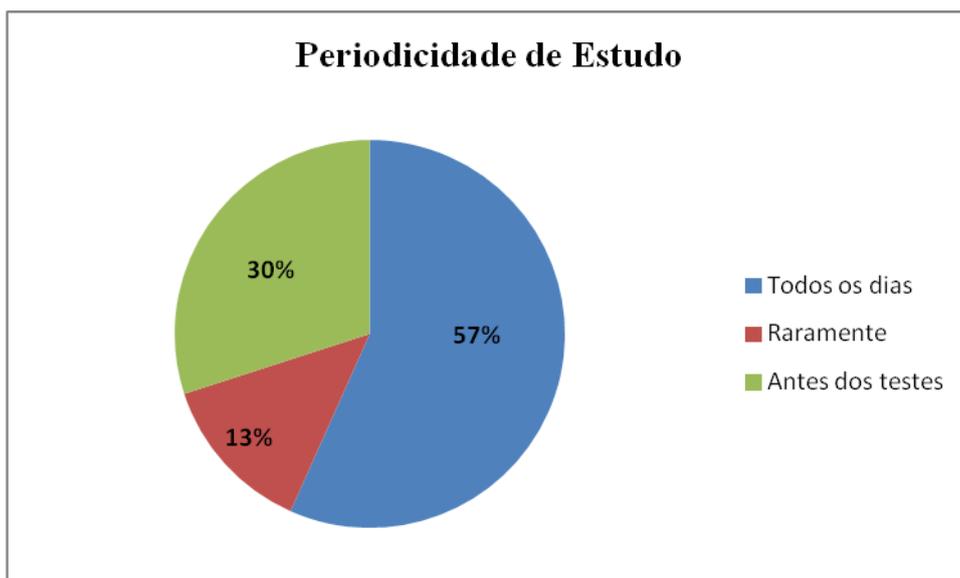
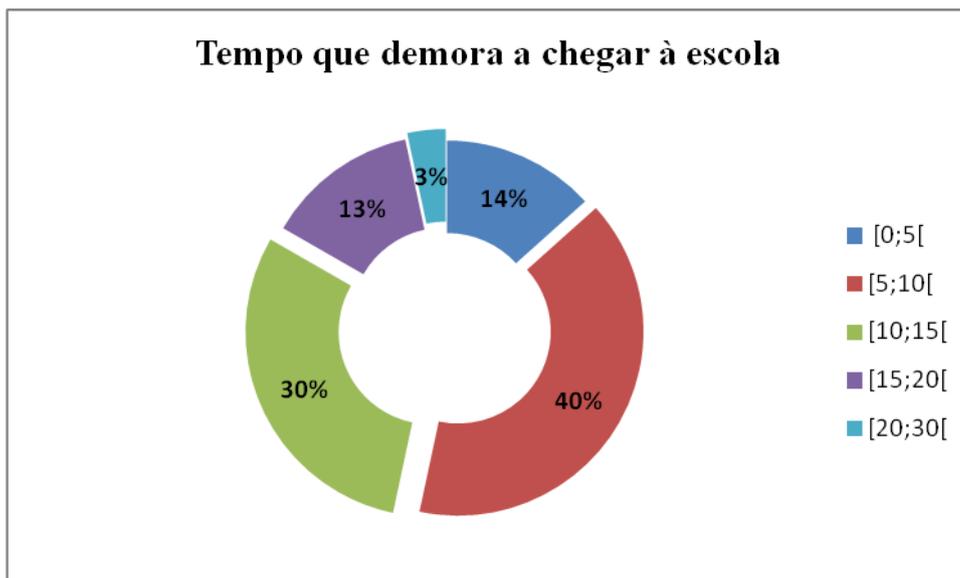


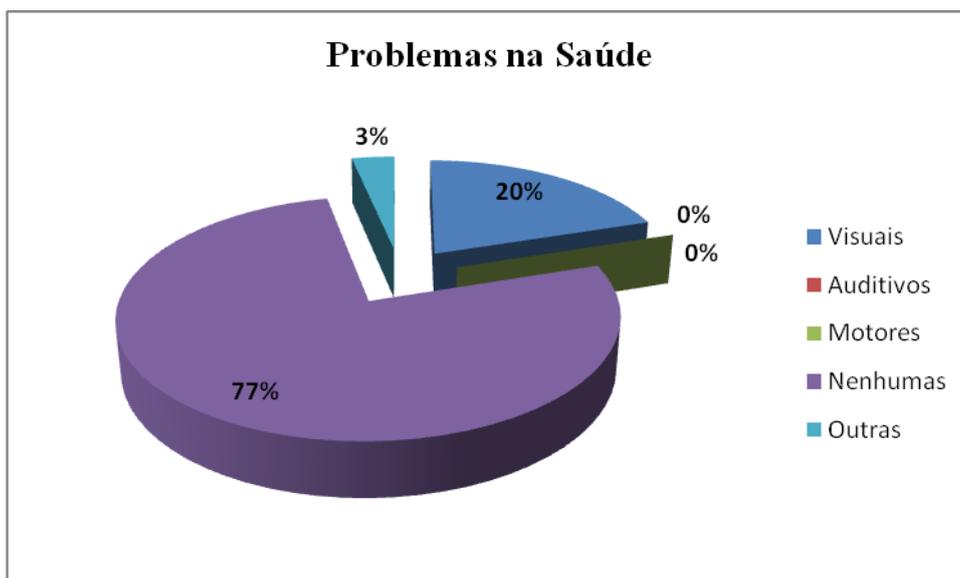
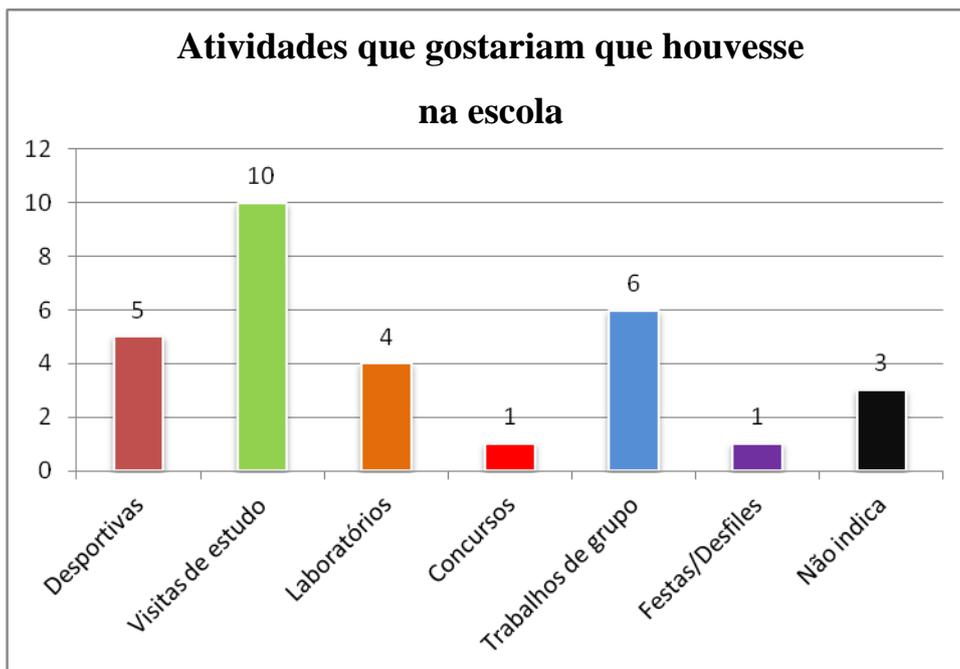
Atividades preferidas

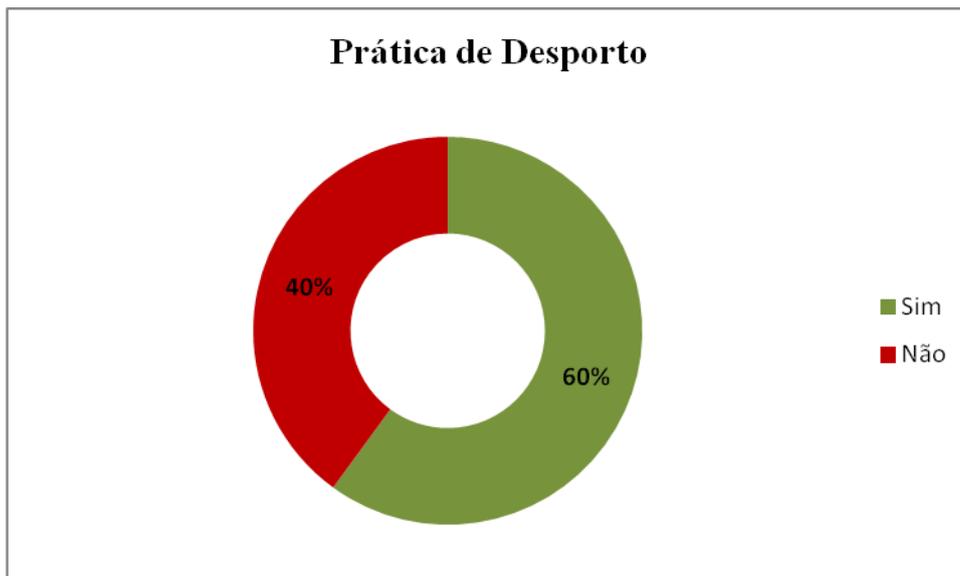
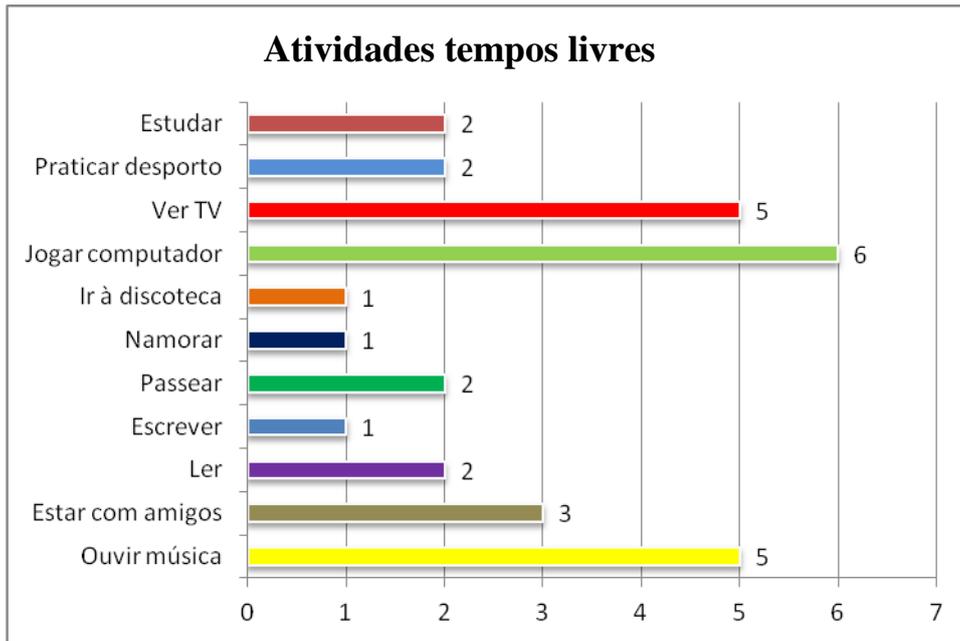






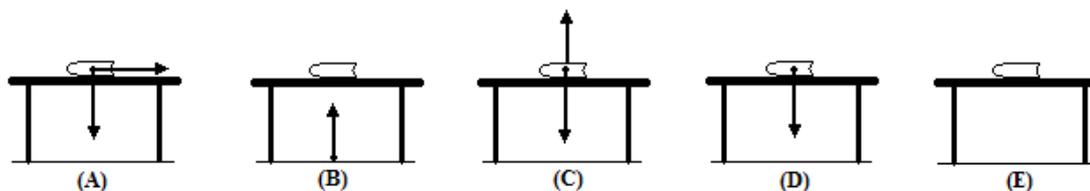






ANEXO II - Correção Teste de Associação de Conhecimentos (TAC)

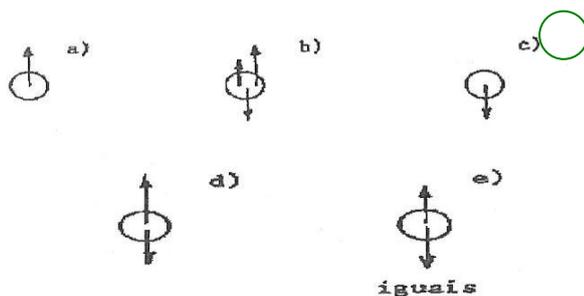
1. **Escolha** a opção que representa o sistema de forças aplicadas na situação: *livro em repouso em cima da mesa.*

**Figura 1**

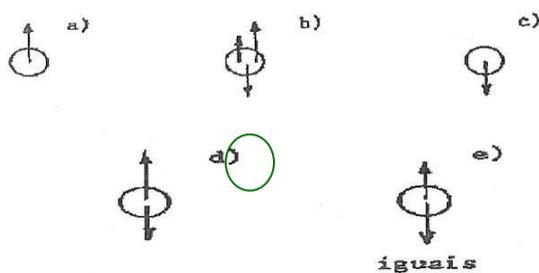
2. A figura 2 e 3 representam a descida de um paraquedista, no início com o paraquedas fechado e de seguida com o paraquedas aberto, respetivamente.

**Figura 2****Figura 3**

- 2.1. **Escolha** de entre as opções, a que representa as forças aplicadas na situação do paraquedista com o paraquedas fechado (figura 2).



2.2. **Escolha** de entre as opções, a que representa as forças aplicadas na situação do paraquedista com o paraquedas aberto (figura 3).



3. A figura refere-se a um indivíduo que lança com grande velocidade uma bola sobre uma superfície horizontal com atrito. Os pontos A, B e C são pontos de trajetória da bola após o lançamento, no ponto C a bola está finalmente parada. As setas nos desenhos seguintes simbolizam as forças horizontais sobre a bola nos pontos A, B e C. **Indique** o esquema que melhor representa a (s) força (s) sobre a bola.

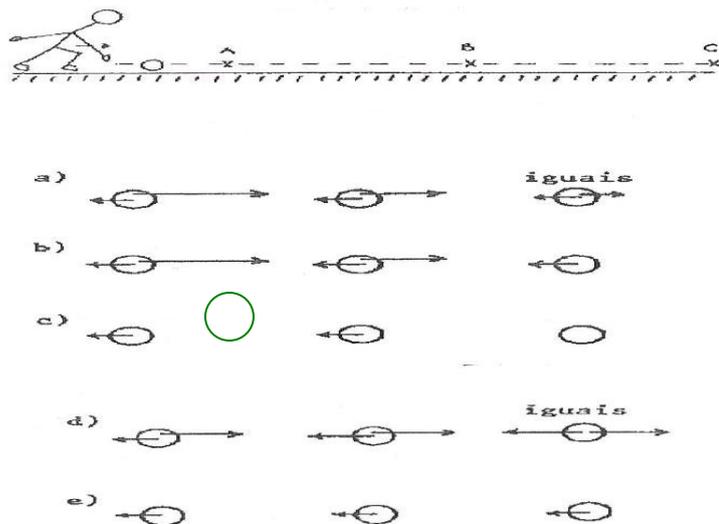


Figura 4

4. O Afonso lança verticalmente uma bola para cima. Os pontos A, B e C identificam algumas posições da bola após o lançamento (B é o ponto mais alto da trajetória). É desprezável a força resistiva do ar sobre a bola.

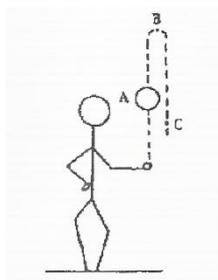


Figura 5

4.1. **Selecione** a opção correta:

4.1.1. No ponto A, quando a bola sobe, **indique** qual dos desenhos melhor representa a (s) força (s) sobre a bola.

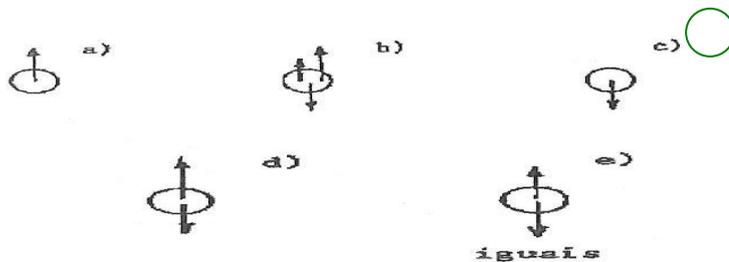


Figura 6

4.1.2. No ponto A, **indique** o que se pode dizer a respeito da velocidade:

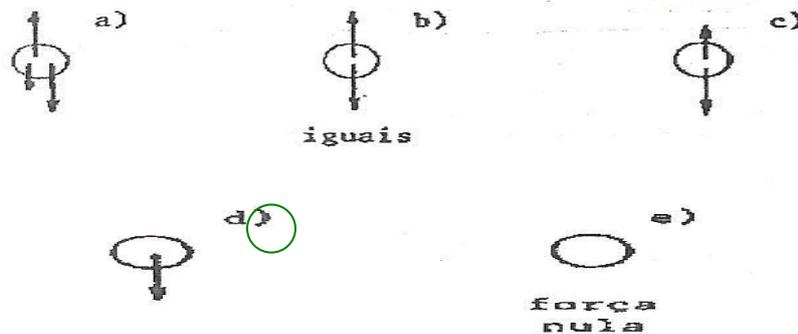
- a) o módulo da velocidade aumenta;
- b) o módulo da velocidade mantém-se;
- c) o módulo da velocidade diminui.

4.1.3. No ponto A, **indique** o que se pode dizer a respeito da aceleração:

- a) o módulo da aceleração aumenta;
- b) o módulo da aceleração mantém-se;
- c) o módulo da aceleração diminui

4.2. **Selecione** a opção correta:

4.2.1. No ponto B, quando a bola atinge o ponto mais alto da trajetória, **indique** qual dos desenhos melhor representa a (s) força (s) sobre a bola.

**Figura 7**

4.2.2. No ponto B, **indique** o que se pode dizer a respeito da velocidade:

- a) o módulo da velocidade aumenta;
- b) o módulo da velocidade mantém-se;

c) o módulo da velocidade diminui.

4.2.3. No ponto B, **indique** o que se pode dizer a respeito da aceleração:

a) o módulo da aceleração aumenta;

b) o módulo da aceleração mantém-se;

c) o módulo da aceleração diminui.

4.3. **Selecione** a opção correta:

4.3.1. No ponto C, quando a bola desce, **indique** qual dos desenhos melhor representa a (s) força (s) sobre a bola.

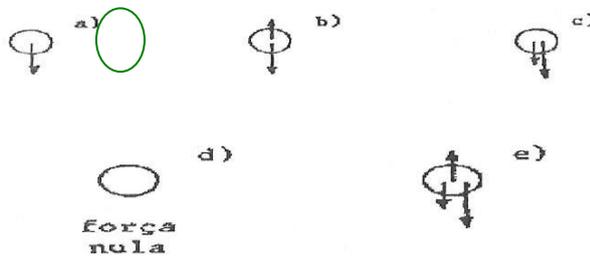


Figura 8

4.3.2. No ponto C, **indique** o que se pode dizer a respeito da velocidade:

a) o módulo da velocidade aumenta;

b) o módulo da velocidade mantém-se;

c) o módulo da velocidade diminui.

4.3.3. No ponto C, **indique** o que se pode dizer a respeito da aceleração:

a) o módulo da aceleração aumenta;

b) o módulo da aceleração mantém-se;

c) o módulo da aceleração diminui

5. As figuras seguintes referem-se a um satélite que descreve um movimento circular uniforme em torno da Terra. As setas simbolizam as forças exercidas sobre o satélite.

5.1. **Identifique** qual das seguintes figuras melhor representa a (s) força (s) sobre o satélite.

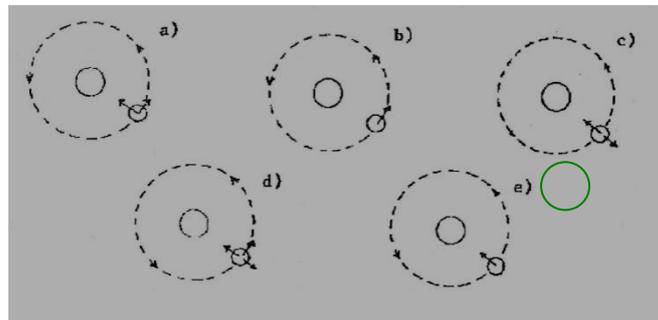


Figura 9

5.2. **Identifique** qual das seguintes figuras melhor representa a velocidade do satélite.

b

5.3. **Identifique** qual das seguintes figuras melhor representa a aceleração do satélite.

e

6. As figuras seguintes referem-se a um rapaz que faz girar, em plano vertical, uma pedra presa ao extremo de um fio. **Indique** qual das figuras a (s) força (s) sobre a pedra estão melhor representadas pelas setas.

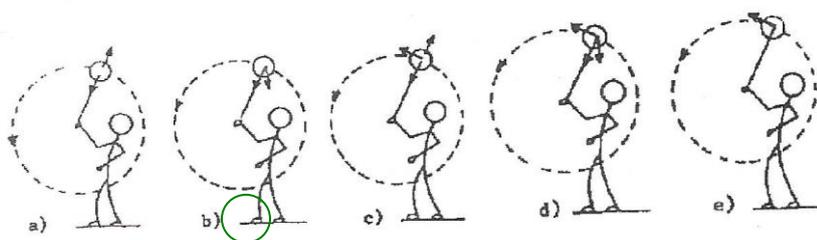


Figura 10

7. A figura refere-se a um indivíduo que exerce uma força horizontal sobre uma caixa. A caixa está sobre uma superfície horizontal com atrito. É desprezável a força de resistência do ar sobre a caixa.

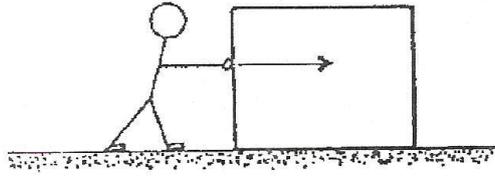
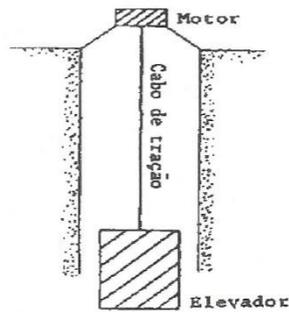


Figura 11

- 7.1. Inicialmente o indivíduo realiza uma força um pouco maior do que a força de atrito. Portanto, a caixa movimentar-se-á:
- (A) com o aumento da velocidade.
 - (B) com uma velocidade pequena e constante.
 - (C) com uma velocidade grande e constante.
- 7.2. A caixa é empurrada por uma força bastante maior do que a força de atrito. Então o indivíduo diminui a força mas ela continua sendo um pouco maior do que a força de atrito. Portanto a velocidade da caixa:
- (A) diminui.
 - (B) aumenta.
 - (C) permanece a mesma.
- 7.3. A caixa é empurrada por uma força maior do que a força de atrito. Então o indivíduo diminui a força até que ela se iguale à de atrito. Portanto a caixa:
- (A) continuará a movimentar-se mas acabará por parar.
 - (B) parará de seguida.
 - (C) continuará a movimentar-se com velocidade constante.
8. A figura que se segue refere-se a um elevador e o seu sistema de tração (motor e cabo). Através do cabo o motor pode exercer uma força sobre o elevador (são desprezíveis as forças de atrito e de resistência do ar com o elevador).

**Figura 12**

8.1. O elevador está inicialmente parado e então o motor exerce sobre o elevador uma força um pouco maior do que o peso do elevador. Assim sendo, pode-se afirmar que o elevador subirá:

- (A) com velocidade grande e constante.
- (B) com o aumento da velocidade.
- (C) com velocidade pequena e constante.

8.2. O elevador sobe e o motor exerce uma força bastante maior do que o peso do elevador. Então a força que o motor exerce diminui mas permanece ainda um pouco maior do que o peso do elevador. Portanto, a velocidade do elevador:

- (A) aumenta.
- (B) diminui.
- (C) não se altera.

8.3. O elevador sobe e o motor exerce uma força maior do que o peso do elevador. Então, a força que o motor exerce diminui e iguala-se ao peso do elevador. Portanto o elevador:

- (A) parará de seguida.
- (B) continuará a subir durante algum tempo mas acabará por parar.
- (C) continuará a subir com velocidade constante.

8.4. O elevador desce e o motor exerce sobre ele uma força menor do que o peso do elevador. Então a força que o motor exerce aumenta e iguala-se ao peso do elevador. Portanto o elevador:

(A) continuará a descer com velocidade constante.

(B) parará de seguida.

(C) continuará a descer durante algum tempo mas acabará por parar.

8.5. O elevador desce e o motor exerce sobre ele uma força menor do que o peso do elevador. Então a força que o motor exerce aumenta e torna-se bastante maior do que o peso do elevador:

(A) Imediatamente sobe.

(B) Continua a descer durante algum tempo com velocidade que diminui.

(C) Para imediatamente e em seguida sobe com grande velocidade.

ANEXO III - Descrição das Tarefas e Situações físicas

Parte 1

ATIVIDADES PROPOSTAS

ATIVIDADE 1:

Partindo das tuas ideias sobre força e movimento, responde de forma mais completa e específica possível às seguintes questões:

- a) O que entendes quando se diz que um determinado corpo está em movimento?**

- b) O que é necessário para colocar um corpo em movimento?**

- c) O que é necessário para manter um corpo em movimento?**

- d) Uma vez em movimento, os corpos, em geral, tendem a parar ou a continuarem em movimento?**

- e) Como é que explicas o facto de uma bola de futebol, após ser chutada continuar a mover-se mesmo depois de não haver mais contacto com o pé do jogador?**

ATIVIDADE 2:

Considera a seguinte situação: uma pessoa lança com grande velocidade uma bola sobre uma superfície horizontal. A figura abaixo ilustra o movimento descrito pela bola. Os pontos A, B e C são pontos da trajetória da bola após o lançamento. No ponto C a bola está finalmente parada.

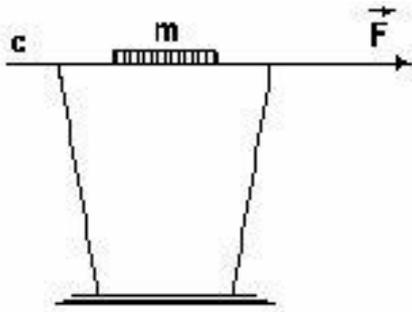


a) Identifica e desenha a (s) força (s) que atua (m) sobre a bola em cada posição A, B e C.

b) Justifica a tua representação.

ATIVIDADE 3:

A figura representa um copo, sobre uma mesa, que está tapado pelo cartão C e, sobre este, está a moeda m.



a) Se retirarmos rapidamente o cartão com uma força \vec{F} , horizontal, o que é que acontecerá à moeda?

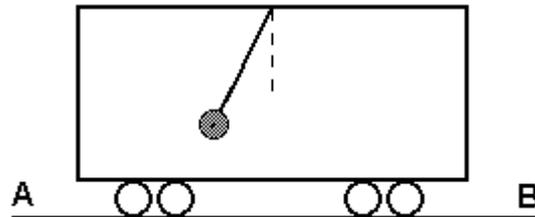
b) Explica porque que é que acontece isso.

c) Como é que chegaste a essa conclusão.

d) Em que te baseaste para dar as respostas anteriores.

ATIVIDADE 4:

Um observador vê um pêndulo preso ao teto de um vagão de comboio e deslocado da vertical como mostra a figura a seguir.



a) Descreve a forma como o vagão se está a mover, considerando que este se desloca numa trajetória retilínea. Justifica a tua descrição.

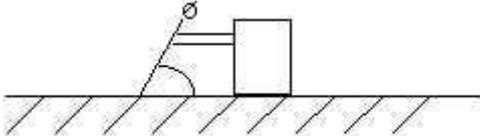
b) Explica porque é que o pêndulo se desloca da vertical.

c) Como é que chegaste a essa conclusão?

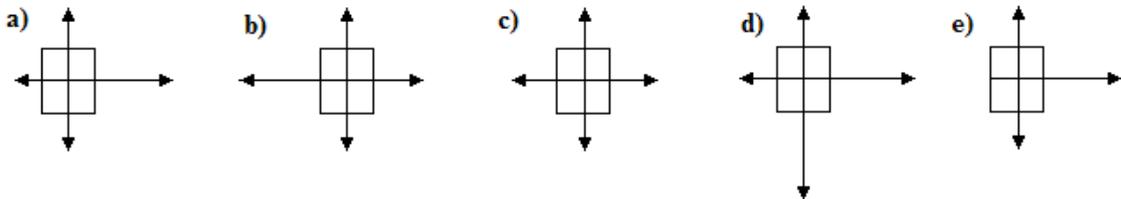
d) Em que te baseaste para dar as repostas anteriores?

ATIVIDADE 5:

Um homem empurra, sobre uma superfície horizontal, um caixote de massa 10 kg, exercendo sobre ele uma força de 100N. Considera a resistência do ar desprezável.

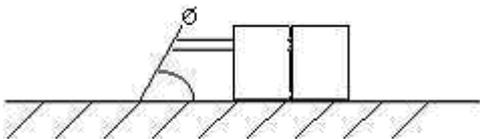


a) Escolhe a opção que melhor representa as forças que atuam no caixote. Justifica a tua escolha.

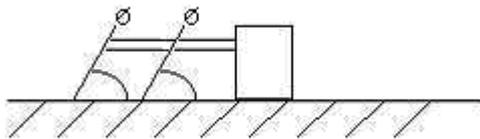


b) Determina o valor da aceleração adquirida pelo caixote.

c) Considera agora que o mesmo homem empurra dois caixotes, um atrás do outro. O que acontecerá à aceleração dos caixotes neste caso? Justifica a tua resposta.



d) E o que acontecerá à aceleração quando, em vez de apenas um, temos dois homens a empurrarem o caixote? Justifica a tua resposta.



e) Em que te baseaste para dar as respostas anteriores.

ATIVIDADE 6:

Lê atentamente a problemática do cavalo e ajuda-o a resolver o seu dilema.

— 19 —

Quem com ferro

ferre...

... com ferro será ferido.
Será que esse ditado popular tem algo a ver com a Física? Pergunte ao cavalo ...

Uta, cavaleiro filho
duma egua!

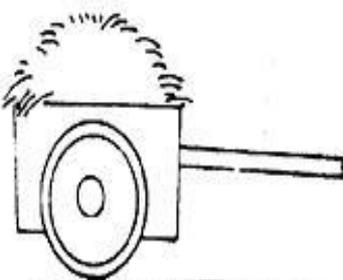
Um problema cavalares

Um estudioso cavalares, ao ler Os Principios Matemáticos da Filosofia Natural de Isaac Newton, na sua versão original em latim, passou a questionar seu papel na sociedade. Como poderia puxar uma carroça, se de acordo com a Terceira Lei, esta o puxa para trás com a mesma força?

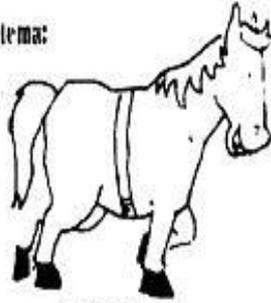
SE A CARROÇA ME PUXA PARA TRÁS COM A MESMA FORÇA QUE EU FAÇO PARA A FRENTE, COMO É QUE EU VOU MOVÊ-LA?

Cabe a nós o triste papel de convencer o cavalo a permanecer na ardua tarefa de puxar a carroça.

Antes de mais nada, sugerimos que você pense em todas as interações que existem entre os objetos do sistema:



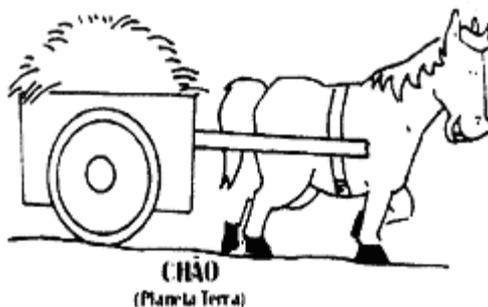
CARROÇA



CAVALO

CHÃO
(Planeta Terra)

a) Depois de pensares nas interações que existem entre os objetos do sistema, representa-as. Justifica a tua representação.



b) Qual a justificação para o facto de ser o cavalo mover a carroça e não a carroça a mover o cavalo?

c) Em que te baseaste para dar as respostas anteriores.

Parte 2

Tarefa 1: Apresentação do problema

Situação física I: Numa calha retilínea e plana está uma bola de madeira parada, que pode ser substituída por uma de chumbo ou por um berlinde. Deixa-se colidir com a bola parada duas bolas, uma de cada vez, com diferentes velocidades, massas e materiais. Ao teu dispor estão duas bolas de chumbo, de massa aproximadamente igual, duas bolas de madeira, de massa também aproximadamente igual, dois berlines, a calha retilínea, assente numa mesa plana, uma balança, um esquadro, um cronómetro e uma régua. Outros materiais podem ser solicitados por ti.

Problema: A bola inicialmente parada, após o choque, geralmente altera a sua velocidade.

- A- O que acontece à velocidade da bola inicialmente parada e da outra, em cada colisão possível, com as bolas fornecidas?
- B- Que aspetos podem tornar a velocidade da bola inicialmente parada, após o choque com o valor o menor possível? De que forma?

Tarefa 2: Previsão

Sem experimentares, faz uma previsão para os itens A e B do problema. Justifica o melhor possível, as tuas previsões e o teu raciocínio.

Tarefa 3: Experimentação

Faz a experimentação com a preocupação de responderes ao problema. Em primeiro lugar pensa no que é necessário medir e controlar, por conseguinte na forma como deves organizar o material bem como os instrumentos de medida a utilizar.

Tarefa 4: Esquema explicativo e de previsão

Faz uma exposição em que expliques os resultados experimentais obtidos, as eventuais diferenças entre as previsões e os resultados. Esta exposição deve ter esquemas, diagramas e as relações entre as grandezas que são importantes para descrever as experiências.

Escreve os principais pontos do teu raciocínio.

Tarefa 5: Nova experimentação

Experimenta novamente de forma a verificares as tuas previsões feitas pelo esquema explicativo.

Tarefa 6: Reformulação do esquema explicativo e de previsão

Face aos resultados experimentais obtidos novamente analisa o teu esquema e reformula-o no que for necessário. Verifica se são possíveis novas previsões e explicita-as se for o caso.

Tarefa 7: Alargar o campo de aplicação do esquema explicativo e de previsão

Indica pelo menos uma outra situação em que se pode utilizar o esquema que construístes. Explica sucintamente de que forma se pode utilizar o mesmo esquema na situação que escolheste.

Tarefa 1: Apresentação do problema

Situação física II: Uma bola de plasticina a uma determinada altura do chão e próxima da parede, é atirada horizontalmente contra uma parede. Naturalmente a bola depois de bater na parede cai ao chão. Ao teu dispor estão bolas de plasticina de massa aproximadamente iguais. Outros materiais podem ser solicitados por ti.

Problema: Qual a distância a que a bola fica da parede, quando esta cai no chão?

Tarefa 2: Previsão

Sem experimentares, faz uma previsão para o problema. Justifica o melhor possível, as tuas previsões e o teu raciocínio.

Tarefa 3: Experimentação

Faz a experimentação com a preocupação de responderes ao problema. Em primeiro lugar pensa no que é necessário medir e controlar, por conseguinte na forma como deves organizar o material bem como os instrumentos de medida a utilizar.

Tarefa 4: Esquema explicativo e de previsão

Faz uma exposição em que expliques os resultados experimentais obtidos, as eventuais diferenças entre as previsões e os resultados. Esta exposição deve ter esquemas, diagramas e as relações entre as grandezas que são importantes para descrever as experiências.

Escreve os principais pontos do teu raciocínio.

Tarefa 5: Nova experimentação

Experimenta novamente de forma a verificares as tuas previsões feitas pelo esquema explicativo.

Tarefa 6: Reformulação do esquema explicativo e de previsão

Face aos resultados experimentais obtidos novamente analisa o teu esquema e reformula-o no que for necessário. Verifica se são possíveis novas previsões e explicita-as se for o caso.

Tarefa 7: Alargar o campo de aplicação do esquema explicativo e de previsão

Indica pelo menos uma outra situação em que se pode utilizar o esquema que construístes. Explica sucintamente de que forma se pode utilizar o mesmo esquema na situação que escolheste.

Tarefa 1: Apresentação do problema

Situação física III: Faz-se um carrinho em movimento chocar com uma caixa cheia de clips. Ao teu dispor estão clips e um carrinho. Outros materiais podem ser solicitados por ti.

Problema: Depois de bater na caixa, a velocidade do carrinho aumenta ou diminui? O resultado acima depende do número de clips? Porquê?

Tarefa 2: Previsão

Sem experimentares, faz uma previsão para o problema. Justifica o melhor possível, as tuas previsões e o teu raciocínio.

Tarefa 3: Experimentação

Faz a experimentação com a preocupação de responderes ao problema. Em primeiro lugar pensa no que é necessário medir e controlar, por conseguinte na forma como deves organizar o material bem como os instrumentos de medida a utilizar.

Tarefa 4: Esquema explicativo e de previsão

Faz uma exposição em que expliques os resultados experimentais obtidos, as eventuais diferenças entre as previsões e os resultados. Esta exposição deve ter esquemas, diagramas e as relações entre as grandezas que são importantes para descrever as experiências.

Escreve os principais pontos do teu raciocínio.

Tarefa 5: Nova experimentação

Experimenta novamente de forma a verificares as tuas previsões feitas pelo esquema explicativo.

Tarefa 6: Reformulação do esquema explicativo e de previsão

Face aos resultados experimentais obtidos novamente analisa o teu esquema e reformula-o no que for necessário. Verifica se são possíveis novas previsões e explicita-as se for o caso.

Tarefa 7: Alargar o campo de aplicação do esquema explicativo e de previsão

Indica pelo menos uma outra situação em que se pode utilizar o esquema que construístes. Explica sucintamente de que forma se pode utilizar o mesmo esquema na situação que escolheste.

Anexo IV- Transcrições das Atividades

Atividade 1:

Partindo das tuas ideias sobre força e movimento, responde de forma mais completa e específica possível às seguintes questões:

a) O que entendes quando se diz que um determinado corpo está em movimento?

A14: *“É quando temos um referencial e um corpo e a distância entre esse referencial e o corpo se altera”.*

A18: *“A distância para o referencial aumenta ou diminui”.*

A17: *“O corpo está em movimento quando a distância entre dois corpos, sendo um o referencial, altera o seu estado. Ou seja, um corpo está em movimento quando a distância entre dois corpos se altera, modificando a sua distância”.*

A11: *“Um determinado corpo está em movimento, quando em relação a um referencial está em movimento.”*

A1: *“Quando o corpo sai do lugar, desloca-se.”*

A5: *“Exerce-se uma força.”*

A7: *“Que um corpo, em relação a um certo referencial, está em movimento ou em repouso.”*

A10: *“Alteração da posição em relação ao referencial.”*

b) O que é necessário para colocar um corpo em movimento?

A14: *“É necessário aplicar uma força. Se não se aplicar uma força o corpo não se mexe, está parado”.*

A13: *“Quando temos atrito é necessário que a força aplicada seja superior à força de atrito”.*

A18: *“É preciso aplicar uma força sobre esse mesmo corpo. Se queremos que ele (corpo) ande mais aplicamos uma força maior, se queremos que ele (corpo) ande menos aplicamos uma força menor”.*

A17: *“É necessário exercer uma força no corpo ”.*

A11: *“É uma força.”*

A5: *“É necessário uma força que empurre o corpo.”*

A7: *“Uma força para o corpo se mover.”*

c) O que é necessário para manter um corpo em movimento?

A14: *“A força de atrito tem que ser baixa, porque se tem força de atrito não mexe, ou mexe um pouco. Por exemplo, se tivermos um carro com um reboque, para este continuar a mover-se, a força que o carro exerce sobre o reboque é constante, (o carro) tem que estar sempre a aplicar essa força, porque se não ele (reboque) pára”.*

A18: *“Para manter um corpo em movimento é necessário aumentar a força sobre o corpo, se não ele pára. A força (aplicada) mantém-se até a força de atrito atuar sobre ele (corpo) ”.*

A17: *“É necessário que a força seja exercida continuamente sobre o corpo anulando a força de atrito. Tem que ter uma velocidade constante”.*

A16: *“Tem que ser exercida uma força contínua se ele vai parar”.*

A11: *“Para manter um corpo em movimento não haver força de atrito.”*

A8: *“É necessário que a força exercida seja maior que a força de atrito.”*

A5: *“Continuar a exercer a força.”*

A4: *“Que a força de atrito não seja menor que a força exercida.”*

A7: *“Continuar a aplicar uma força no corpo com uma determinada intensidade.”*

d) Uma vez em movimento, os corpos, em geral, tendem a parar ou a continuarem em movimento?

A14: *“Tendem a parar, por causa da força de atrito, porque se esta não existisse o corpo continuava a andar sempre. A força de atrito obriga os corpos a parar, opõem-se à força aplicada”.*

A18: *“Tem tendência a parar porque há a força de atrito. (a força de atrito) contraria a outra força (aplicada) e vai diminuindo a velocidade”*

A17: *“A parar por causa da força de atrito, faz abrandá-lo. Parar”.*

A23: *“A força de atrito é oposta à que exercemos”.*

A11: *“Tendem a parar devido à força de atrito que é oposta ao movimento. ”*

A1: *“A parar, porque existe a força de atrito que é exercida no sentido oposto ao movimento.”*

A7: *“Podem parar, por causa da força de atrito, ou continuar em movimento, por exemplo a Terra está sempre em movimento.”*

e) Como é que explicas o facto de uma bola de futebol após ser chutada continuar a mover-se mesmo depois de não haver mais contacto com o pé do jogador?

A24: “A força aplicada foi forte e ela continua até parar, até a força de atrito atuar”.

A18: “A força exercida pelo pé do jogador faz com que a bola mantenha a mesma força de que quando o jogador chuta, até a força de atrito atuar sobre ela. Se desse um pontapé num cubo parava mais depressa que a bola, porque a bola é redonda”.

A20: “Porque a força que aplicamos sobre a bola é maior que a força de atrito. Se mandarmos com mais força, a força de atrito não atua logo, demora mais tempo a atuar”.

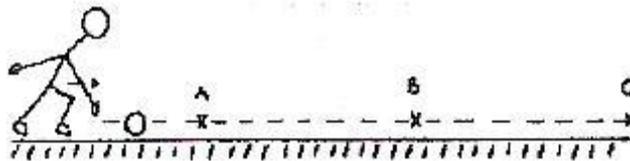
A17: “Porque o jogador exerce uma força sobre a bola, depois a bola vai ganhar a força de atrito, mas a força de atrito é menor nas esferas, ela vai rebolar até parar”.

A11: “A bola continua a rolar pois a força exercida na bola é maior que a força de atrito.”

A1: “A força exercida sobre a bola é maior que a força de atrito.”

Atividade 2:

Considera a seguinte situação: uma pessoa lança com grande velocidade uma bola sobre uma superfície horizontal. A figura abaixo ilustra o movimento descrito pela bola. Os pontos A, B e C são pontos da trajetória da bola após o lançamento. No ponto C a bola está finalmente parada.



a) Identifica e desenha a(s) força(s) que atua(m) sobre a bola em cada posição A, B e C.

A18: “Em A: força que exercemos sobre a bola. Esta força é sempre a mesma de A a C, só que em cada ponto tem intensidades diferentes. Força da gravidade, força que a Terra exerce sobre a bola. Em B: peso e força de reação e mais nenhuma. Em C: peso, força de reação e força de atrito”.

A17: “Em A: força de atrito, força contrária a F1, força de reação e peso, que se vão anular, e F1, força que o rapaz exerce sobre a bola. Em B: força de atrito, força contrária a F1, força de reação e peso, que se vão anular, e F1, força que o rapaz exerce sobre a bola. Em C: força de reação e peso, porque a bola está parada, não há ninguém a exercer uma força e o atrito também não está a funcionar, pois não está em movimento”.

A14: “Em A: o peso, força que a Terra exerce sobre a bola, força de reação, força que o solo exerce sobre a bola, força de atrito e velocidade (queria dizer força que o indivíduo exerce sobre a bola). Em B: força de reação, peso, a velocidade mantém-se sempre, e a força de atrito vai-se opondo cada vez mais à velocidade. Em C: força de reação e peso”.

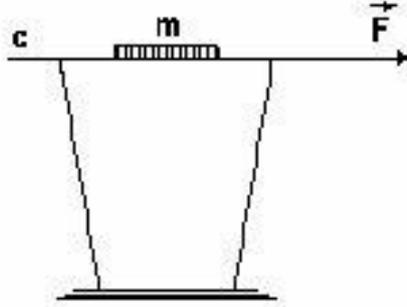
A8: “Em A: a força de atrito, que faz com que a bola abrande, o peso e a normal anulam-se e fazem com que a bola não seja atraída para o centro da Terra nem flutue, a força que a pessoa exerce sobre a bola, que faz com que esta se movimente. Em B: tem as mesmas forças aplicadas. Em C: só a normal e o peso porque a bola parou e estas duas forças anulam-se.”

A4: “Em A: força de reação, é a força que a superfície exerce sobre a bola, força gravítica, é o peso, força de atrito, que faz parar a bola e F1, força exercida pelo indivíduo sobre a bola. Em B: são as mesmas forças. Em C: força de reação e peso porque está em repouso e as duas forças anulam-se.”

b) Justifica a tua representação.

Atividade 3:

A figura representa um copo, sobre uma mesa, que está tapado pelo cartão c e, sobre este, está a moeda m .



a) Se retirarmos rapidamente o cartão com uma força \vec{F} , horizontal, o que é que acontecerá à moeda?

A19: “Cai no copo”.

A20: “Cai no copo”.

A14: “Cai”.

A9: “Cai.”

A6: “A moeda cai dentro do copo.”

A7: “Cai.”

b) Explica porque que é que acontece isso.

A19: “Porque a moeda tem tendência estar em repouso e não consegue aderir à textura do cartão”.

Prof: “A força que exercemos no cartão exercemos na moeda?”

A17: “Não”.

A20: “A moeda cai porque a força de reação é menor que o peso”.

Prof: “A força que exercemos no cartão exercemos na moeda?”

A20: “Não. A moeda não vai ser puxada”.

A14: “Se puxarmos o cartão, a força que o cartão exercia sobre a moeda vai desaparecer, e o peso vai puxar a moeda para o centro da Terra”.

Prof: “A força que exercemos no cartão exercemos na moeda?”

A14: “Não”.

A24: “A moeda não vai com o cartão porque estamos a exercer a força só no cartão”.

A9: “Deixa de existir a força da superfície e a moeda cai.”

A11: “Também por causa da força da gravidade.”

A12: “Faz-se uma força repentina e a moeda não vai com o cartão.”

A8: “Se se retirasse devagarinho a moeda ia com o cartão.”

Prof: “A força é aplicada onde?”

A12: “No cartão.”

Prof: “Então o que é que acontece à moeda.”

A12: “Fica no mesmo sítio.”

A11: “Por causa da inércia, que é a resistência que um corpo tem à alteração do seu estado de movimento ou repouso”.

A6: “Porque não foi exercida nenhuma força sobre a moeda.”

A7: “Por causa do peso e por causa da força que estava aplicada, que impedia que a moeda caísse, já parou de ser aplicada, porque foi retirado o cartão e o peso faz com que moeda caia.”

Prof: “A força que se aplica no cartão aplica-se na moeda?”

A7: “Não. Ao retirar o cartão a moeda mantém-se lá.”

A10: “A força que está a ser exercida no cartão não está a ser exercida na moeda.”

c) Como é que chegaste a essa conclusão.

A19: “Cai por causa do peso”.

A17: “A moeda tende a ficar em repouso porque a força não é aplicada na moeda, é só no cartão”.

A16: “Se fosse puxado (cartão) devagarinho a moeda não caía”.

A18: “Se retirarmos o cartão de cima do copo, a moeda não vai com o cartão, porque exercemos uma força no cartão, mas não é sobre a moeda”.

A13: “Se estamos a aplicar a força no cartão a moeda fica. A moeda cai porque deixa de existir a força que o cartão exerce sobre a moeda e porque aplicamos a força sobre o cartão e não sobre a moeda”.

A8: “Porque não se exerce força na moeda, é no cartão, então esta fica no mesmo lugar.”

A6: “Porque para um corpo se movimentar é preciso aplicar uma força sobre esse corpo. Se a moeda ficou parada não foi aplicada nenhuma força.”

d) Em que te baseaste para dar as respostas anteriores.

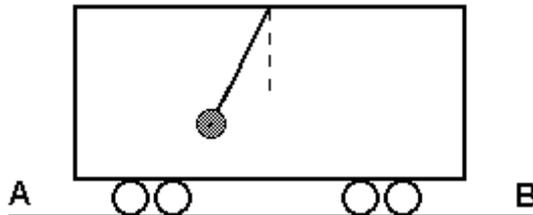
A19, A18 e A10: “Lei da inércia”.

A8: “Na Lei da inércia. Um corpo permanecerá em repouso se não se lhe aplicar nenhuma força.”

A6: “Lei da inércia. Um corpo permanecerá em repouso se não lhe for aplicada nenhuma força.”

Atividade 4:

Um observador vê um pêndulo preso ao teto de um vagão de comboio e deslocado da vertical como mostra a figura a seguir.

**a) Descreve a forma como o vagão se está a mover, considerando que este se desloca numa trajetória retilínea. Justifica a tua descrição.**

A12: “O vagão move-se de A para B pois o pêndulo está a resistir movendo-se para a esquerda”.

A11: “O pêndulo está a resistir ao movimento do vagão, então se este se desloca para A é porque o vagão se desloca de A para B”.

A4: “O vagão desloca-se do lado A para o lado B, porque o pêndulo desloca-se para o lado contrário ao movimento.”

b) Explica porque é que o pêndulo se desloca da vertical.

A8: “O pêndulo quer continuar em repouso”.

A11: “O vagão está em movimento e o pêndulo resiste a esse movimento para o lado contrário”.

A4: “Porque o pêndulo está em repouso e o vagão começa a andar e o pêndulo quis ficar em repouso.”

A7: “Quando o vagão se desloca de A para B é-lhe aplicada uma força, só que essa força não é aplicada no pêndulo, por isso o pêndulo quer ficar no mesmo sítio quando o vagão se desloca, só depois acompanha o vagão”.

c) Como é que chegaste a essa conclusão?

A11: “Porque se desloca no sentido contrário do movimento”.

A4: “Porque a força aplicada no vagão não é aplicada no pêndulo e este quer continuar em repouso”.

A7: “Porque o pêndulo queria continuar em repouso quando o vagão se desloca”.

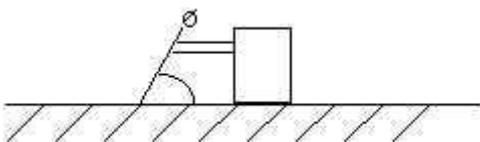
d) Em que te baseaste para dar as repostas anteriores?

A11 e A7: “Inércia de um corpo: resistência que os corpos apresentam à alteração do movimento ou repouso”.

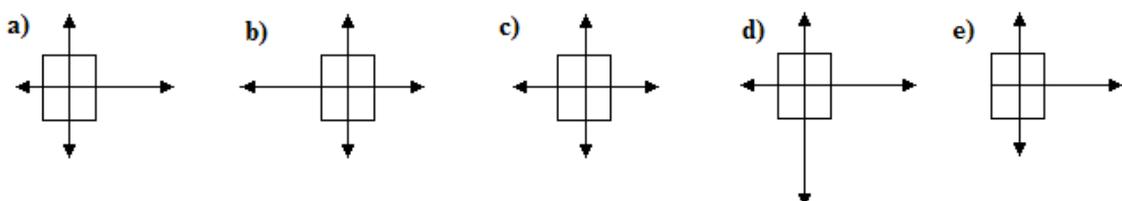
A4: “Lei da inércia, um corpo permanecerá em repouso se não lhe for aplicada nenhuma força”.

Atividade 5:

Um homem empurra, sobre uma superfície horizontal, um caixote de massa 10 kg, exercendo sobre ele uma força de 100N. Considera a resistência do ar desprezável.



a) Escolhe a opção que melhor representa as forças que atuam no caixote. Justifica a tua escolha.



A16: “A opção a), porque diz que o homem está empurrar; porque em b) o homem estaria a puxar; em c) as forças são iguais e o corpo estaria em repouso; em d) o peso é maior que a normal e elas têm de ser iguais; em e) não está representada a força de atrito”.

A22: “A opção a), porque a força de reação e o peso anulam-se, porque as forças têm a mesma intensidade e a força que exercemos sobre o caixote é maior que a força de atrito”.

A13: “A opção a), porque o homem está a exercer uma força maior no caixote que a força de atrito. Na opção b) a força de atrito é maior que a exercida. Em c) as forças anulam-se”.

Prof: “Se as forças se anulam o que é que acontecia ao caixote?”

A13: “Ficava parado. Na opção a) temos ainda a força de reação e o peso que se anulam”.

A11: “Opção a). Temos o peso e a normal que se anulam porque têm a mesma intensidade e a força que o homem exerce sobre o corpo, que é maior que a força de atrito, por isso o corpo está a movimentar-se.”

A4: “Opção a). Estão representadas a força de reação e o peso, que acabam por se anular porque têm a mesma intensidade, F que é a força exercida pelo homem sobre o corpo e a força de atrito. F é maior que a força de atrito porque o corpo está a mover-se.”

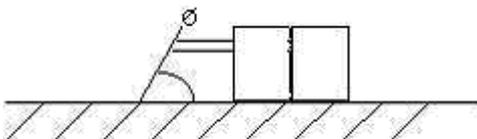
b) Determina o valor da aceleração adquirida pelo caixote.

A11,A4,A13 : “ A força é ma ” ou seja, escrevem

$$F = ma$$

c) Considera agora que o mesmo homem empurra dois caixotes, um atrás do outro.

O que acontecerá à aceleração dos caixotes neste caso? Justifica a tua resposta.



A16: “ A aceleração diminui, a força exercida é a mesma, mas como a massa aumenta a aceleração diminui”.

A17: “ Quando a massa aumenta a aceleração diminui, são inversamente proporcionais ”.

A22: “A aceleração diminui porque a lei fundamental pela dinâmica à medida que a massa aumenta a aceleração diminui. A massa e a aceleração são inversamente proporcionais”.

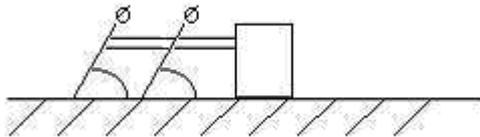
A13: “A aceleração diminui porque a massa vai aumentar, são inversamente proporcionais”.

A11: “A aceleração diminui porque a massa é maior. Quanto maior for a massa menor é a aceleração.”

A12: “São inversamente proporcionais.”

A1: “A aceleração diminui porque a massa aumenta e a força exercida é igual. A aceleração e a massa são inversamente proporcionais.”

d) E o que acontecerá à aceleração quando, em vez de apenas um, temos dois homens a empurrarem o caixote? Justifica a tua resposta.



A16: “ Será maior a força exercida pelos dois homens. Quando a força aumenta a aceleração aumenta, são diretamente proporcionais.”

A17: “A força aumenta, a massa é a mesma logo a aceleração vai ser maior.”

A22: “A força aumenta e como a massa é a mesma, logo a aceleração aumenta. São diretamente proporcionais.”

A13: “A aceleração aumenta porque a força exercida é maior, à medida que a força aumenta a aceleração aumenta, são diretamente proporcionais.”

A11: “A aceleração aumenta porque a força exercida pelos dois homens é maior do que se fosse só um homem. Quanto maior é a força maior é a aceleração, são diretamente proporcionais.”

A4: “A aceleração aumenta, porque se a força aumenta a aceleração também aumenta, logo são diretamente proporcionais.”

e) Em que te baseaste para dar as respostas anteriores.

A16: “Baseei-me na 2ª Lei de Newton. $F=ma$.”

A22: “Baseei-me na 2ª Lei de Newton. Diz que à medida que a massa aumenta a aceleração diminui e à medida que a força aumenta a aceleração também aumenta.”

A13 e A11: “Lei Fundamental da Dinâmica”

Atividade 6:

Lê atentamente a problemática do cavalo e ajuda-o a resolver o seu dilema.

— 19 —

Quem com ferro

ferre...

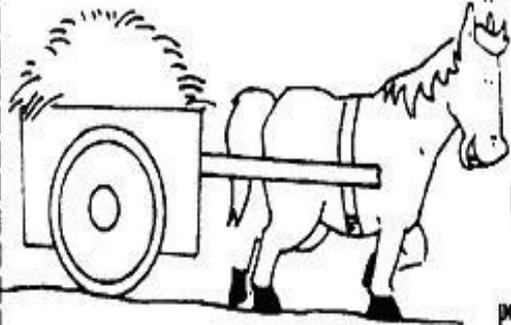
... com ferro será ferido.
Será que esse ditado popular tem algo a ver com a Física? Pergunte ao cavalo ...

Uta, cavaleiro filho
duma egua!

Um problema cavalares

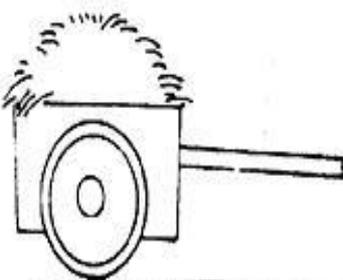
Um estudioso cavalares, ao ler Os Principios Matemáticos da Filosofia Natural de Isaac Newton, na sua versão original em latim, passou a questionar seu papel na sociedade. Como poderia puxar uma carroça, se de acordo com a Terceira Lei, esta o puxa para trás com a mesma força?

SE A CARROÇA ME PUXA PARA TRÁS COM A MESMA FORÇA QUE EU FAÇO PARA A FRENTE, COMO É QUE EU VOU MOVÊ-LA?

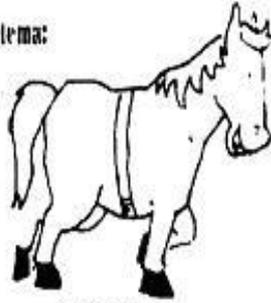


Cabe a nós o triste papel de convencer o cavalo a permanecer na ardua tarefa de puxar a carroça.

Antes de mais nada, sugerimos que você pense em todas as interações que existem entre os objetos do sistema:



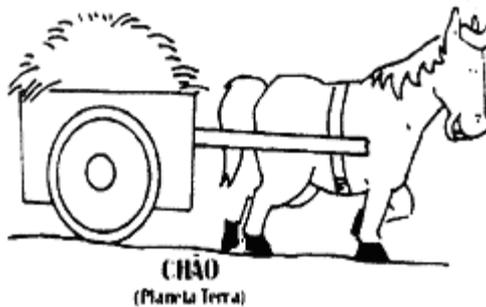
CARROÇA



CAVALO

CHÃO
(Planeta Terra)

a) Depois de pensares nas interações que existem entre os objetos do sistema, representa-as. Justifica a tua representação.



A11: “Temos um par ação-reação, a força que a carroça exerce sobre o cavalo, tem sentido da direita para a esquerda e é aplicada no cavalo. A outra é a força que o cavalo exerce sobre a carroça, tem sentido da esquerda para a direita e é aplicada na carroça ”

A7: “O cavalo exerce sobre a carroça a mesma força que a carroça exerce sobre o cavalo, em sentidos opostos e pontos de aplicação diferentes.”

A18: “O cavalo exerce uma força sobre a carroça e a carroça exerce uma força sobre o cavalo.”

Prof: “As forças têm o mesmo ponto de aplicação?”

A18: “Têm.”

A13: “O cavalo exerce uma força sobre a carroça e a carroça exerce uma força sobre o cavalo. O cavalo exerce uma força sobre o solo e o solo exerce uma força sobre o cavalo. A carroça exerce uma força sobre o solo e o solo exerce uma força sobre a carroça.”

b) Qual a justificação para o facto de ser o cavalo mover a carroça e não a carroça a mover o cavalo?

A11: “É porque a força que o cavalo exerce sobre o solo é maior que a força que a carroça exerce sobre o solo.”

A7: “A força de atrito da carroça é maior que a força de atrito do cavalo.”

A20: “O cavalo pesa mais que a carroça.”

A1: “A carroça tem rodas, e o cavalo tem patas.”

A13: “A força que o cavalo exerce sobre o solo é maior que a força que a carroça exerce sobre o solo.”

c) Em que te baseaste para dar as respostas anteriores.

A11, A7, A18 e A13: “Baseei-me na 3ª Lei de Newton.”

Anexo V- Tabelas da ordem de raciocínio das atividades do Momento 2 parte 1

Atividade 1

Sequência do raciocínio Atividade 1	1ºlugar	2ºlugar	3ºlugar	4ºlugar	5ºlugar
Analisa a situação problemática e associa as suas variáveis	37%	17%			
Explora o efeito entre variáveis	21%	25%	33%	17%	
Identifica propriedades físicas	21%	42%	25%		
Domina constantes físicas					
Relaciona as constantes físicas nas expressões	21%	16%	21%	37%	
Identifica as forças nas situações problemáticas					
Representa graficamente as forças					
Reconhece o contraste de modelos teóricos com situações problemáticas reais			21%	46%	30%

Atividade 2

Sequência do raciocínio Atividade 2	1ºlugar	2ºlugar	3ºlugar	4ºlugar	5ºlugar
Analisa a situação problemática e associa as suas variáveis		67%			
Explora o efeito entre variáveis			30%	50%	21%
Identifica propriedades físicas					
Domina constantes físicas					
Relaciona as constantes físicas nas expressões					
Identifica as forças nas situações problemáticas		33%	50%		
Representa graficamente as forças	100%				
Reconhece o contraste de modelos teóricos com situações problemáticas reais			21%	50%	25%

Atividade 3

Sequência do raciocínio Atividade 3	1ºlugar	2ºlugar	3ºlugar	4ºlugar	5ºlugar
Analisa a situação problemática e associa as suas variáveis	58%	33%			
Explora o efeito entre variáveis		37%	37%	21%	
Identifica propriedades físicas			42%	46%	
Domina constantes físicas					
Relaciona as constantes físicas nas expressões					
Identifica as forças nas situações problemáticas	42%	30%	21%		
Representa graficamente as forças					
Reconhece o contraste de modelos teóricos com situações problemáticas reais				33%	67%

Atividade 4

Sequência do raciocínio Atividade 4	1ºlugar	2ºlugar	3ºlugar	4ºlugar	5ºlugar
Analisa a situação problemática e associa as suas variáveis	50%		25%		
Explora o efeito entre variáveis			42%	13%	33%
Identifica propriedades físicas	50%	50%			
Domina constantes físicas		50%	13%	25%	
Relaciona as constantes físicas nas expressões					
Identifica as forças nas situações problemáticas					
Representa graficamente as forças					
Reconhece o contraste de modelos teóricos com situações problemáticas reais			20%	50%	30%

Atividade 5

Sequência do raciocínio Atividade 5	1ºlugar	2ºlugar	3ºlugar	4ºlugar	5ºlugar	6ºlugar
Analisa a situação problemática e associa as suas variáveis	54%	13%				
Explora o efeito entre variáveis		21%	25%		17%	
Identifica propriedades físicas		25%	16%			
Domina constantes físicas			33%	5%		
Determina constantes físicas			21%	59%	20%	
Relaciona as constantes físicas nas expressões				38%	33%	
Identifica as forças nas situações problemáticas	46%	42%	8%			
Representa graficamente as forças						
Reconhece o contraste de modelos teóricos com situações problemáticas reais					25%	71%

Atividade 6

Sequência do raciocínio Atividade 6	1ºlugar	2ºlugar	3ºlugar	4ºlugar	5ºlugar
Analisa a situação problemática e associa as suas variáveis	8%		42%		
Explora o efeito entre variáveis			8%	50%	25%
Identifica propriedades físicas		8%		8%	
Domina constantes físicas					13%
Relaciona as constantes físicas nas expressões					
Identifica as forças nas situações problemáticas	67%	25%		8%	
Representa graficamente as forças		58%	25%		8%
Reconhece o contraste de modelos teóricos com situações problemáticas reais	25%		8%		17%

ANEXO VI - Respostas dos Alunos às Situações-problemas

Situação I

- a- Em todas as situações possíveis com os diferentes tipos de bola acontece que a velocidade da bola parada aumentará e a que colide com a parada diminuirá.
- b- Os aspetos que podem ornar a velocidade da bola, inicialmente parada, após o choque com o valor menor possível serão: material da bola, velocidade com que a outra bola é lançada e a massa das bolas em questão.

Assim, quanto mais “leve” for o material da bola, menor será a sua massa e quanto menor for a velocidade da bola lançada, menor será o impacto. Para obter isso teríamos de escolher a bola de preferência com a massa menor e lançar com a menor velocidade possível.

Situação II

A bola de plasticina fica praticamente “colada” à parede e no chão devido à sua constituição, isto é, como é plasticina, material deformável, perde toda a velocidade quando contacta com a parede e não “responde” ao impacto com esta.

Situação III

Depois de bater na caixa a velocidade do carrinho diminui devido ao impacto com o obstáculo, neste caso uma caixa cheia de cliques.

O resultado depende do nº de cliques pois o que interessa não é só a massa da caixa mas também a sua velocidade. Supondo que estava em repouso, esta recebe o impulso que a faz “ganhar” certa quantidade de movimento. Já o carrinho “perde” essa quantidade de movimento que foi transferida para a caixa, ou seja, sofre um impulso equivalente ao do carrinho mas em sentido oposto. Então, quanto maior for a massa da caixa menor será a velocidade que o carrinho adquira após o impacto com a caixa.

ANEXO VII - Tabela de Tarefas para cada Situação-Problema**Situação 1 – Grupo I**

Tempo	Tarefa	Ação
00h00	1	Leem o problema. Observam atentamente o material que está em cima da mesa, conferindo com o enunciado. Manuseiam o material sem experimentar.
00h15	2	Os alunos discutem entre si o que acontecerá às bolas em cada situação e quais os fatores que permitem uma menor velocidade atingida pela bola. Dão palpites sobre quais são os fatores fundamentais e de que forma atuam.
00h20	2	Enumeram as relações entre a massa e a velocidade.
00h25	2	Traçam as situações possíveis de acordo com as bolas disponíveis e de forma a visualizarem as condições limite (massa, velocidade e aceleração).
00h30	2	Dão palpites sobre as condições necessárias para obter a velocidade mínima menor.
00h40	2	Enumeram os fatores que devem influenciar a velocidade da bola.
00h55	3	Medem as massas das diferentes bolas e fixam as restantes grandezas que têm de medir.
01h05	3	Constroem uma tabela em que assinalam a bola, sua massa, a distância e o tempo de “lançamento”.
01h45	3	Experimentam as diferentes situações e anotam os resultados.
02h15	3	Calculam a velocidade das bolas para as diferentes situações.
02h35	3	Discutem os resultados experimentais, fazendo deles uma leitura qualitativa sem quaisquer considerações teóricas. Confirmam os palpites iniciais.
02h45	4	Fazem uma análise do percurso que fizeram e constataam que os seus palpites estão certos.
02h50	4	Não sentem qualquer necessidade de nova reformulação do esquema explicativo ou nova experimentação. Discutem muito acerca da veracidade das suas previsões.
03h10	8	Procuram novas situações onde se aplicaria o modelo da situação física sem terem identificado os aspetos centrais.

Situação 1 – Grupo II

Tempo	Tarefa	Ação
00h00	1	Lêem o problema. Observam atentamente o material que está em cima da mesa, conferindo com o enunciado. Manuseiam o material sem experimentar.
00h15	2	Analizam com base nas expressões matemáticas que traduzem a aceleração e velocidade de um movimento e quais os fatores que influenciam a velocidade. Estabelecem uma relação qualitativa entre eles.
00h25	2	Enumeram as relações entre a velocidade e a aceleração e outros fatores.
00h35	2	Fazem considerações sobre a distância para calcularem a velocidade que as bolas em questão adquirem.
00h55	2	Explicitam a forma como podem calcular a velocidade mínima atingida pelas bolas, sabendo qual a distância e o tempo do movimento. Desprezam a força de atrito.
01h10	2	Constroem uma tabela em que assinalam a bola, a sua massa, a distância e o tempo de “lançamento”.
01h25	3	Medem as massas das respetivas bolas e assinalam os resultados na tabela.
02h00	3	Efetuem as várias situações e anotam na tabela os resultados.
02h20	3	Tentam calcular a velocidade em função da distância e do tempo.
02h45	3	Calculam a velocidade e tentam fazer analogias com outras expressões.
03h05	3	Fazem novas medidas mas encontram os mesmos resultados que já haviam encontrado.
03h30	4	Voltam a fazer mais cálculos mas continuam a obter os mesmos resultados.
03h45	5	Elaboram um discurso próximo dos resultados sem qualquer relação com esforços teóricos feitos até então.

Situação 2 – Grupo I

Tempo	Tarefa	Ação
00h00	1	Leem o problema. Observam atentamente o material que está em cima da mesa, conferindo com o enunciado. Manuseiam o material sem experimentar.
00h15	2	Manipulam fórmulas relativas a distância de um corpo depois de ser lançado a um obstáculo.
00h30	2	Relacionam sobre as condições que variam para que a força exercida na bola possa ser diferente.
00h40	2	Investem novamente em cálculos manipulando fórmulas.
01h05	2	Tentam relacionar a força com a distância do corpo em relação ao obstáculo.
01h20	3	Analizam quais são as grandezas que é necessário medir e não chegam a qualquer conclusão.
02h00	3	Concluem que têm de medir a massa e a distância. Medem a massa das bolas de plasticina e a distância a que estas ficam da parede (obstáculo).
02h10	3	Fazem uma tabela e calculam a média da distância obtida.
02h35	3	Fazem novas medições, mas não encontram nada de novo.
02h55	3	Fazem novos cálculos, mas os resultados obtidos são os mesmos.
03h20	3	Analizam os resultados. Tiram conclusões relativas à relação entre a força, massa e distância dos objetos interpostos. Raciocinam em termos de outros materiais que podiam constituir as bolas a não ser plasticina.

Situação 2 – Grupo II

Tempo	Tarefa	Ação
00h00	1	Leem o problema. Observam atentamente o material que está em cima da mesa, conferindo com o enunciado. Manuseiam o material sem experimentar.
00h20	2	Discutem os fatores que fazem com que a distância a que fica a bola do obstáculo seja maior ou menor. Dão palpites sobre as grandezas necessárias à previsão, bem como à relação entre elas. Não fazem previsões fundamentadas.
00h35	2	Medem a massa das bolas de plasticina.
00h45	2	Medem a distância a que cada bola fica do obstáculo (parede).

01h05	2	Fazem uma tabela onde registam a massa das bolas e a respetiva distância do obstáculo.
01h25	2	Calculam a média da distância para as diferentes situações.
01h55	3	Discutem os resultados experimentais fazendo deles uma leitura qualitativa sem quaisquer considerações teóricas.
02h10	4	Não sentem nenhuma necessidade de reformulação do esquema explicativo ou nova experimentação.
02h45	5	Com base no raciocínio inicial tentam elaborar as conclusões qualitativas centrais.

Situação 3 – Grupo I

Tempo	Tarefa	Ação
00h00	1	Leem o problema. Observam atentamente o material que está em cima da mesa, conferindo com o enunciado. Manuseiam o material sem experimentar.
00h20	2	Analizam com base nas expressões matemáticas que traduzem a aceleração e velocidade de um movimento e quais os fatores que influenciam a velocidade. Estabelecem uma relação qualitativa entre eles.
00h45	2	Traçam situações possíveis de acordo com a proporção de cliques que têm de forma a visualizarem as hipóteses que podem ter.
01h00	2	Enumeram os fatores que devem influenciar a velocidade do carrinho e da caixa.
01h10	3	Constroem uma tabela onde podem registar a massa do carrinho com e sem cliques, a distância e o tempo.
02h05	3	Experimentam algumas situações possíveis, registando os resultados na tabela.
02h30	4	Estabelecem relações qualitativas entre as grandezas.
02h45	4	Fazem cálculos, enredando e perdendo de vista o objetivo.
03h10	5	Tentam elaborar conclusões a partir das hipóteses formuladas inicialmente.
03h35	7	Procuram novas situações onde se aplicaria o modelo sem terem identificado os aspetos centrais.

Tempo	Tarefa	Ação
00h00	1	Leem o problema. Observam atentamente o material que está em cima da mesa, conferindo com o enunciado. Manuseiam o material sem experimentar.

00h15	2	Enumeram as relações entre a massa total do carrinho e distância que o separa da caixa e outros fatores.
00h30	2	Manipulam fórmulas relativas à velocidade do carrinho.
00h55	2	Investem em modificar as relações já estabelecidas bem como as fórmulas.
01h10	2	Relacionam velocidade do carrinho, massa do carrinho com cliques, distância que separa o carrinho da caixa (obstáculo) e o tempo de embate.
01h25	3	Analisam, de acordo com o que foi estabelecido anteriormente, quais as grandezas que são necessárias medir.
01h35	3	Constroem uma tabela onde registam as grandezas massa do carrinho com cliques, distância e tempo.
01h50	3	Medem a massa do carrinho com diferentes proporções de cliques.
02h30	3	Medem a distância e o tempo de embate para cada situação possível.
02h55	3	Fazem cálculos de acordo com as fórmulas e relações estabelecidas.
03h10	3	Discutem os resultados experimentais fazendo deles uma leitura qualitativa e quantitativa, recorrendo a considerações teóricas.
03h20	4	Fazem uma análise do percurso que fizeram e manifestam-se com a certeza de que fizeram tudo corretamente.
03h30	4	Fazem uma análise dos resultados e avançam para uma hipótese central do problema.
03h45	5	Tentam elaborar conclusões concretas e centrais.
03h55	7	De acordo com as conclusões elaboradas procuram novas situações onde se aplicaria o modelo (problema).

Situação 3 – Grupo II

Anexo VIII - Tabelas da ordem de raciocínio das atividades do momento 2 parte 2

	1º Lugar	2º lugar	3ºLugar	4ºLugar	5ºLugar
Atividade 1					
Analisa a situação problemática e associa as suas variáveis	61	39	0	0	0
Explora o efeito entre variáveis	43	30	13	13	0
Identifica propriedades físicas	39	30	30	0	0
Domina constantes físicas	9	43	17	22	9
Relaciona as constantes físicas nas expressões	9	39	26	26	0
Identifica as forças nas situações problemáticas	4	9	26	48	13
Representa graficamente as forças	4	9	17	35	35
Reconhece o contraste de modelos teóricos com situações problemáticas reais	0	0	30	35	35

Situação Física I

	1º Lugar	2º lugar	3ºLugar	4ºLugar	5ºLugar
Atividade 2					
Analisa a situação problemática e associa as suas variáveis	35	45	20	0	0
Explora o efeito entre variáveis	20	25	20	0	35
Identifica propriedades físicas	15	40	35	10	0
Domina constantes físicas	15	15	15	0	55
Relaciona as constantes físicas nas expressões	20	20	0	10	50
Identifica as forças nas situações problemáticas	25	25	0	50	0
Representa graficamente as forças	20	30	0	0	50
Reconhece o contraste de modelos teóricos com situações problemáticas reais	0	40	10	50	0

Situação Física II

	1º Lugar	2º lugar	3ºLugar	4ºLugar	5ºLugar
Atividade 2					
Analisa a situação problemática e associa as suas variáveis	10	35	25	15	15
Explora o efeito entre variáveis	5	40	25	0	30
Identifica propriedades físicas	5	35	40	20	0
Domina constantes físicas	0	15	15	15	55
Relaciona as constantes físicas nas expressões	5	15	20	10	50
Identifica as forças nas situações problemáticas	0	25	25	50	0
Representa graficamente as forças	0	30	20	0	50
Reconhece o contraste de modelos teóricos com situações problemáticas reais	0	20	30	50	0

Situação Física III

	1º Lugar	2º lugar	3ºLugar	4ºLugar	5ºLugar
Atividade 2					
Analisa a situação problemática e associa as suas variáveis	10	40	30	20	0
Explora o efeito entre variáveis	15	35	20	0	30
Identifica propriedades físicas	15	30	35	20	0
Domina constantes físicas	0	10	20	15	55
Relaciona as constantes físicas nas expressões	5	20	20	10	45
Identifica as forças nas situações problemáticas	5	25	25	45	0
Representa graficamente as forças	0	30	20	0	50
Reconhece o contraste de modelos teóricos com situações problemáticas reais	0	15	35	50	0

ANEXO IX - Transcrição da Entrevista

1. Livro sobre a mesa

Na figura 1 representa-se um livro em repouso sobre uma mesa.

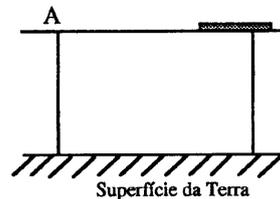


Fig. 1

A – Explica como é que o livro pode estar parado em cima da mesa.

Em que te baseaste para dar essa resposta? / Como chegaste a essa conclusão? / Como sabes que é assim?

E- *“Como explicas a nível físico que o livro pode estar parado em cima da mesa?”*

A6 – *“O livro está em parado em cima da mesa porque as forças que só estão a atuar nele são o peso e a força normal.”*

E- *“O que é o peso?”*

A10 – *“O peso é a força que o planeta Terra exerce sobre o corpo.”*

E – *“Caracteriza o peso”.*

A12 – *“O peso é uma grandeza vetorial, sentido descendente e direção vertical. A sua intensidade é igual à da força normal.”*

E – *“O que é a força normal?”*

A9 – *“A força normal é a força que o corpo exerce sobre o planeta Terra.”*

E – *“Caracteriza a força normal.”*

A15 – *“A força normal é uma grandeza vetorial, sentido ascendente e direção vertical. A sua intensidade é igual à do peso.”*

E- *“Vocês justificam que o livro está parado porque atuam essas forças. Mas o que acontece em concreto com essas forças?”*

A11 – *“Eu penso que não há mais nenhuma força a atuar e por isso anulam-se.”*

E- *“E como explicam que se anulam?”*

A17 – *“São forças com a mesma direção mas sentidos opostos.”*

E – *“E isso leva-nos a que conclusão?”*

A15 – *“Como as forças têm sentidos opostos e a mesma intensidade, ao calcular a força resultante obtemos zero.”*

E – *“Em que se basearam para chegar a essa conclusão?”*

A9 – *“Lei da Inércia.”*

E – *“Enunciem essa lei por favor.”*

A6 – *“Um corpo encontra-se em repouso ou efetua um movimento retilíneo uniforme se a força resultante for nula.”*

E – *“Como chegaram a essa conclusão?”*

A5 – *“Verificamos as forças que atuam no corpo e vimos que se anulavam.”*

E – *“Então quais são as forças que atuam no corpo?”*

A4 – *“É o peso e a força normal.”*

E – *“Como podemos caracterizar o estado do livro?”*

A2 – *“O livro encontra-se em repouso.”*

E- *“São capazes de representar as forças?”*

A4 – *“Claro que sim.” (desenho correto)*

E – *“Recorrendo ao desenho podemos visualizar perfeitamente que ...”*

A5 – *“As forças anulam-se.”*

E- *“Logo a Lei da Inércia ou 1ª Lei de Newton pode aplicar-se neste caso?”*

A10 – *“Sim...”*

B – Imagina que dávamos uma pancada instantânea no livro de tal modo que o livro se deslocava para o ponto A. Explica porque é que isto aconteceria.

Em que se baseaste para dar essa resposta? / Como chegaste a essa conclusão? / Como sabes que é assim?

E – *“Ao dar uma pancada no livro explica porque é que isso acontece.”*

A8 – *“Isso acontece porque se exerceu uma força no livro. Isto é, foi aplicada uma força no livro.”*

E – *“E o que se pode dizer que aconteceu?”*

A10 – *“O livro movimentou-se. Deslocou-se.”*

E – *“A nível físico como explicamos que se movimentou?”*

A9 – “Podemos dizer que para haver movimento o corpo tem de mudar de posição. E neste caso alterar o seu estado de repouso.”

E – “E porque alterou o seu estado de repouso?”

A10 – “O corpo alterou o seu estado de repouso porque lhe foi aplicada uma força.”

E- “E o que podemos dizer acerca das forças que estão atuar no corpo?”

A3 – “O peso e a força normal continuam a atuar, só que agora há outra força responsável por alterar o estado de repouso.”

E – “Em que se basearam para chegar a essa conclusão?”

A2 – “Na Lei da Inércia.”

2. Paraquedas

A figura 2 representa o gráfico que caracteriza o movimento de um paraquedista.

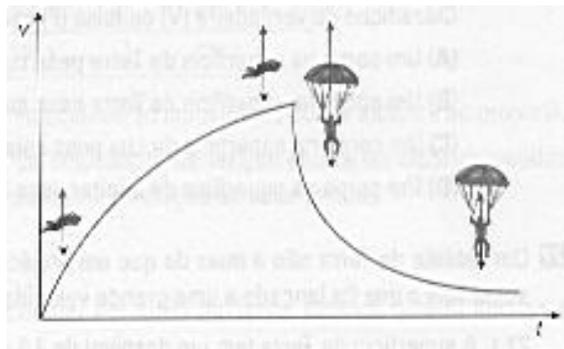


Fig.2

A- Associa o movimento do paraquedista com o gráfico velocidade-tempo.

Em que te baseaste para dar essa resposta? / Como chegaste a essa conclusão? / Como sabes que é assim?

E – “Temos aqui representado um gráfico velocidade-tempo que descreve o movimento do paraquedista. Associem o movimento do paraquedista ao gráfico.”

A12 – “O paraquedista antes de abrir o paraquedas descreve um movimento retilíneo uniformemente acelerado. “

E – “Como consegues justificar este tipo de movimento? “

A9 – “Enquanto o paraquedista não abre o paraquedas o peso é maior que a resistência do ar, logo a velocidade do corpo tem o mesmo sentido da aceleração da gravidade, podendo dizer que é um movimento retilíneo uniformemente acelerado. “

E – *“E o que podemos dizer a cerca do ponto que indica a velocidade máxima?”*

A3 – *“Podemos dizer que o paraquedista atingiu a velocidade máxima e nesse instante a força resultante é nula.”*

E- *“Como chegaste a essa conclusão?”*

A5- *“Podemos dizer que a força resultante é nula porque a resistência do ar aumenta com o aumento da velocidade e o valor dessa força iguala ao peso.”*

E – *“Como classificamos esta velocidade?”*

A4 – *“É a 1ª velocidade terminal.”*

E - *“E o que é isso de velocidade terminal?”*

A9 – *“É a velocidade atingida pelo corpo em queda quando o peso e a resistência do ar se equilibram.”*

E – *“E o que acontece de seguida no gráfico?”*

A7 – *“Observamos uma diminuição da velocidade após o paraquedista abrir o para quedas.”*

E- *“A que se deve essa diminuição?”*

A11 – *“A velocidade diminui devido à forma do para-quedas que implica um aumento da resistência do ar.”*

E – *“E de seguida o que acontece?”*

A7 – *“De seguida, como a velocidade diminui, vai diminuindo também a resistência do ar até que se atinge o equilíbrio entre esta e o peso.”*

E – *“Obtemos então o quê?”*

A9 – *“Temos a 2ª velocidade terminal.”*

E- *“Quando falamos em velocidade terminal de que lei falamos? Isto é em que se basearam?”*

A5 – *“Na Lei da Inércia.”*

B- *Imagina que o paraquedas não abria. Explica o que aconteceria ao paraquedista e qual o gráfico que irias obter.*

Em que te baseaste para dar essa resposta? / Como chegaste a essa conclusão? / Como sabes que é assim?

E – *“Então se imaginarmos que o para-quedas não abria. O que aconteceria?”*

A11 – *“Se o para-quedas não abrisse teríamos um exemplo de queda livre. Isto é, a velocidade aumentaria ate chegar ao solo.”*

E – “*Em que se basearam para responder dessa forma?* “

A12 – “*Se não temos nada que diminua o peso e aumente a resistência do ar o corpo sofre apenas uma queda livre, movimento caracteristicamente acelerado.* “

E – “*Então o movimento não atinge uma velocidade terminal?* “

A11 - “*Atinge mas como não se abre o para-quedas volta a velocidade a aumentar e o peso é muito superior à resistência do ar.* “

E – “*Como chegaram a essa conclusão?* “

A5 - “*A partir da representação à escala das forças que atuam no corpo.* “

E – “*Então representem as forças por favor.* “

(representam as forças corretamente)

E – “*Agora serão capazes de representar o gráfico característico do movimento?* “

A12 – “*Claro que sim...* “ (gráfico correto)

C- Imagina que o paraquedas demoraria mais tempo que o normal para abrir, mas abria.

Explica o que aconteceria ao paraquedista e qual o gráfico que irias obter.

Em que te baseaste para dar essa resposta? / Como chegaste a essa conclusão? / Como sabes que é assim?

E – “*Então se o para-quedas demorasse mais que o normal a abrir?* “

A12 – “*Depende.* “

A11 – “*Depende do quê?* “

A11 – “*Depende se já tivesse atingido a 1ª velocidade terminal.* “

E – “*Porque dizem isso?* “

A7 – “*Porque se tivesse atingido a 1ª velocidade terminal e não abrisse logo de seguida o para-quedas, ele iria passar a realizar outra vez a queda livre. E poderia ser tarde demais.* “

E – “*E como chegaram a essa conclusão?* “

A11 – “*A partir da analogia do que aconteceria normalmente, porque a 1ª velocidade terminal é imediatamente antes da abertura do para-quedas.* “

E – “*Então...* “

A3 – *“Então, a velocidade continuaria a aumentar porque não haveria nada para contrariar isso. “*

A11 – *“ E se abrisse tarde demais não haveria tempo para minimizar o peso e tentar equilibrar com a resistência do ar. “*

E – *“E o gráfico deste movimento seria igual ou diferente aos anteriores? “*

A11 – *“ Seria parecido com o da alínea B caso fosse tarde demais ou igual ao da alínea A se abrisse a tempo o para-quedas. “*

E – *“ Representem então, por favor, os gráficos que seriam de esperar. “*

(representam corretamente)

Anexo X – Tabela referente à análise das respostas elaboradas pelos alunos na atividade entrevista

Atividade 1	1º Lugar	2º lugar	3ºLugar	4ºLugar	5ºLugar
Analisa a situação problemática e associa as suas variáveis	62,50	25,00	8,33	4,17	0,00
Explora o efeito entre variáveis	50,00	33,33	12,50	4,17	0,00
Identifica propriedades físicas	50,00	33,33	0,00	12,50	4,17
Domina constantes físicas	45,83	29,17	0,00	16,67	8,33
Relaciona as constantes físicas nas expressões	54,17	33,33	0,00	0,00	12,50
Identifica as forças nas situações problemáticas	50,00	25,00	0,00	0,00	25,00
Representa graficamente as forças	50,00	8,33	0,00	0,00	41,67
Reconhece o contraste de modelos teóricos com situações problemáticas reais	45,83	25,00	0,00	0,00	29,17